

# ВОЗМОЖНОСТИ ВНУТРИТРУБНОЙ МАГНИТНОЙ ДИАГНОСТИКИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ СВАРОЧНЫХ ТРЕЩИН НА КОЛЬЦЕВЫХ СВАРНЫХ ШВАХ

С.Л. Ваулин, ООО «НПЦ «ВТД» (Москва, РФ)

А.Н. Кукушкин, ООО «НПЦ «ВТД»

Н.Н. Иванова, ООО «НПЦ «ВТД»

М.А. Шашков, ООО «НПЦ «ВТД»

Последние несколько лет в России идет активное строительство новых газотрубопроводных систем. Суммарная протяженность введенных в эксплуатацию газопроводов на западных территориях составила около 5000 км. Необходимо отметить, что, несмотря на современные методики строительства и существенный прогресс в области автоматизированных сварочных технологий, на вновь вводимых участках обнаруживаются недопустимые дефекты. Основным способом, позволяющим выявить строительный брак, остается внутритрубная диагностика.

ООО «НПЦ «ВТД», будучи основным исполнителем диагностических работ по линейной части магистральных газопроводов ПАО «Газпром», принимает активное участие в процессе обследования и приемке новых трубопроводов. Опыт проведенной в 2016 и 2017 гг. внутритрубной диагностики (ВТД) позволил охарактеризовать основные типы недопустимых дефектов трубопроводов: это вмятины, механические повреждения, смещения кромок, непровары и утяжины, а также трещины на кольцевых сварных швах.

Важно отметить, что выявляются как трещины, расположенные вдоль сварного шва (обозначение Еа согласно [1]), так и трещины поперек сварного шва (обозначение Еб согласно [1]).

Выявления трещин типа Еб магнитными внутритрубными приборами удалось достичь за счет конструктивного развития датчиковых систем, а также улучшений в программе обработки данных. Положительное влияние на этот процесс оказало увеличение количества датчиков магнитного поля и повышение их чувствительности.

## ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА

На двух участках нового трубопровода компанией «НПЦ «ВТД» было выявлено и подтверждено в шурфах более 30 трещин. Пример трещины изображен на рис. 1. Как можно видеть, дефекты ориентированы вдоль продольной оси трубы. Такие трещины имеют малое раскрытие и поэтому выявляются только с помощью дефектоскопа

магнитного трубного поперечного намагничивания (ДМТП). На шве дефекты чаще всего располагаются группами, в среднем по 4–5 шт., однако встречаются и единичные трещины.

Методика выявления, идентификации и оценки параметров трещин создана в ООО «НПЦ «ВТД» в конце 2016 г., и с этого времени инженерами-аналитиками зарегистрировано в отчетах ВТД более 500 подобных дефектов на 245 сварных кольцевых швах. Дефекты обнаружены как на новых, так и на старых трубопроводах, но преимущественно на участках трубопроводов большого диаметра, расположенных в северных регионах страны.

На рис. 2 отражено, что наибольшее число трещин выявлено на трубопроводах диаметром 1420 мм.

На части обследованных участков с дефектами в ходе диагностики был использован внутритрубный прибор «Интроскоп», который позволяет различать ручной и автоматический способы сварки. Анализ продольных трещин на этих участках показал, что дефекты такого типа характерны для кольцевых сварных швов с автоматическим или полуавтоматическим типом сварки (106 сварных швов, по данным статистики, содержали



Рис. 1. Подтверждение на кольцевом сварном шве трещин типа Еб, выявленных прибором поперечного намагничивания ДМТП

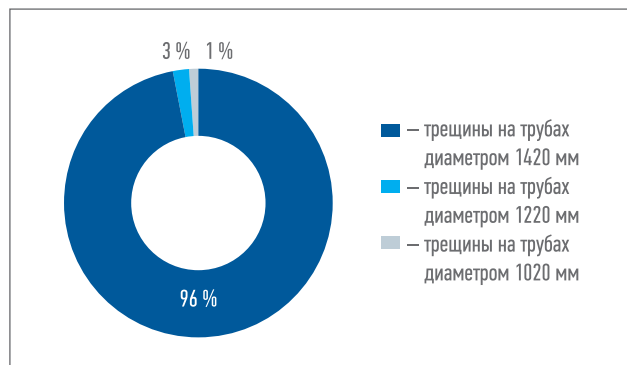


Рис. 2. Распределение труб с выявленными трещинами типа Eb по диаметру трубопровода

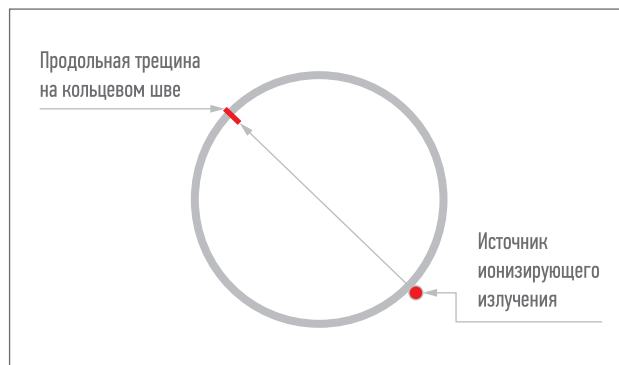
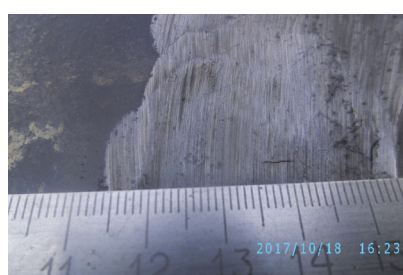


Рис. 3. Схема выявления трещины типа Eb радиографическим методом

дефекты). На швах, выполненных ручной сваркой, трещины зарегистрированы лишь в 19 случаях.

По результатам выданных отчетов ВТД проведены шурфовочные работы и подтверждено более 90 % указанных трещин. Оказалось, что они могут выходить как на наружный, так и на внутренний валик сварного шва, и подтверждение ВТД в шурфах представляет непростую задачу. Если трещина выходит наружу, то подтвердить ее наличие возможно магнитопорошковым методом контроля, если же внутрь – то только радиографическим (обязательное условие выявления – расположение источника излучения напротив трещины). Правильное взаимное расположение источника излучения и дефекта показано на рис. 3. Выявление трещин, выходящих на внутренний валик шва, ультразвуковым методом затруднено тем, что датчик сложно расположить на наружном валике шва, и для проведения контроля необходимо снимать шлифовкой весь валик усиления до основного металла трубы.

Выявление трещин типа Eb при приемке строительного-монтажных работ затруднено даже при 200%-ном контроле, прописанном для гарантийных кольцевых стыков. Необходимо подчеркнуть, что согласно нормативным документам на строительство новых трубопроводов [2] в качестве основного физического метода контроля кольцевых сварных швов, выполненных автоматическим и меха-



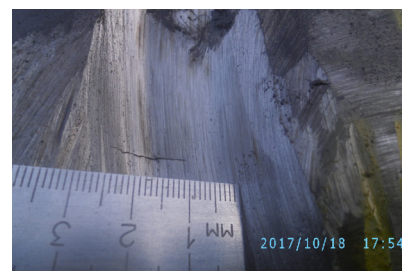
Глубина вышлифовки 2 мм, длина трещины 5 мм



Глубина 4 мм, длина трещины 8 мм



Глубина 6 мм, длина трещины 10 мм



Глубина 15 мм, длина трещины 15 мм

Рис. 4. Контролируемая шлифовка трещины типа Eb на шве

низированными типами сварки, разрешается использовать только ультразвуковой контроль с возможностью фиксации результатов на бумажный носитель. Этот факт, учитывая сложности применения ультразвукового метода контроля для выявления трещин типа Eb, может объяснить большое количество сварных швов с трещинами, выявленными при ВТД нового трубопровода в 2017 г.

Специалистами группы наружного обследования ООО «НПЦ «ВТД» проделана большая работа по исследованию расположения подобных трещин в сварном шве, а также определению их истинных геометрических параметров.

Применялся наиболее надежный для определения глубины трещин метод контролируемой шлифовки [3]. Разрушающим методом исследовано несколько десятков дефектных швов. Сварной шов подвергался послойной шлифовке, при этом фиксировалось наличие трещины в сечении шва и измерялась ее глубина и протяженность. Одна из выявленных ВТД трещин подробно исследована послойной шлифовкой. Оказалось, что она начинается на глубине 2 мм от наружной поверхности и по мере приближения к внутренней поверхности увеличивает свою длину и выходит на внутренний валик усиления шва (рис. 4). Также у самой



Рис. 5. Трещина выходит на торцевую кромку трубы

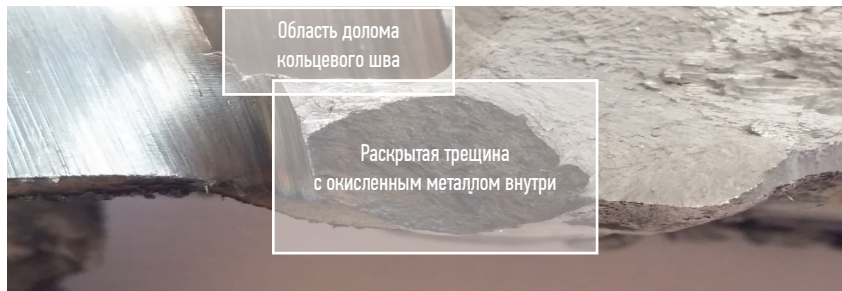


Рис. 6. Излом образца с трещиной

внутренней поверхности трещина начинает выходить на торцевую кромку трубы (рис. 5).

Для подробного исследования причин возникновения трещин Еb на сварных швах произведена вырезка образца с дефектом. На этом образце выполнены надрезы и произведен долом на гидравлическом прессе трехточечным изгибом. В результате получен излом, показанный на рис. 6. Доломанная часть сварного шва имеет хрупкий характер разрушения по всей площади излома. Примерно 20 % поверхности имеет слоистую структуру. Хрупкий излом указывает на наличие закалочных структур в сварном шве. Первичная трещина расположена в одной плоскости под углом примерно 90 ° к внутренней поверхности и начинается с места ремонта корня шва. Трещина не меняет своего направления по мере развития, что указывает на кратковременные однократные статические нагрузки в кольцевом направлении. Поверхность имеет гладкое строение и равномерную степень окисления.

Появление закалочных структур на кольцевых сварных швах может быть вызвано высокой скоростью охлаждения и способно приводить

к образованию холодных трещин, в том числе поперек сварного соединения. На многих сварных швах с трещинами при наружном обследовании было отмечено проведение ремонта шва. Наиболее вероятно, что в процессе ремонта кольцевых швов сваркой не соблюдался температурный режим: не был обеспечен необходимый подогрев кромок труб для уменьшения вероятности появления закалочных структур, скорость сварки была слишком высокой. Предположения о нарушениях технологического режима сварки подтверждаются информацией от строительных организаций, участвовавших в работах. Сообщается о рекордных скоростях сварки с темпом более 100 сварных швов в день на одну бригаду.

По требованиям рекомендаций [5] срок проведения очередной ВТД для новых трубопроводов, а также участков после капитального ремонта должен составлять 10 лет. Учитывая возможное наличие на новых трубопроводах и на участках после капремонта трещин и поперечной, и продольной ориентации на кольцевых швах, назначение срока нужно осуществлять по результатам диагностики полного комплекса и структури-

рованных кабельных сетей (СКС), включая прибор поперечного намагничивания.

### ВЫВОДЫ

1. Внутритрубная диагностика с использованием полного комплекса и СКС является надежным методом для выявления опасных дефектов трубопровода.

2. Трещины типа Еb могут встречаться как на старых, так и на новых участках трубопроводов. Причина их возникновения заключается в нарушении технологического режима сварки.

3. Кольцевые сварные швы с трещинами типа Еb имеют запас прочности по рабочему давлению даже при больших глубинах, однако в ряде случаев трещины раскрываются и приводят к образованию утечек в газопроводах. ■



Научно-производственный центр  
**ВНУТРИТРУБНАЯ  
ДИАГНОСТИКА**

**ООО «НПЦ «ВТД»**  
115533, РФ, г. Москва,  
ул. Нагатинская, д. 5, пом. 402  
Тел.: +7 (495) 229-23-59  
E-mail: info@npcvtd.ru  
www.npcvtd.ru

### ЛИТЕРАТУРА

1. СТО Газпром 2-2.4-083-2006. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов (разраб. ООО «ВНИИГАЗ», ЗАО «ВНИИСГ-Диашостах», утв. распоряжением ОАО «Газпром» № 310 от 30.10.2006). М.: Информационно-рекламный центр газовой промышленности, 2007.
2. ОАО «Газпром». Инструкция по сварке МГ Бованенково – Ухта с рабочим давлением до 11,8 МПа [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
3. Р Газпром. Инструкция по оценке дефектов труб и соединительных деталей при ремонте и диагностировании магистральных газопроводов (разраб. ООО «Газнадзор», ООО «ВНИИГАЗ», ДО АО «Оргэнергогаз», ЗАО «НПО «Спецнефтегаз», утв. ОАО «Газпром», ООО «Газнадзор» 18.11.2008) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293824/4293824031.htm> (дата обращения: 07.12.2020).
4. СТО 2-2.3-173-2007. Инструкция по комплексному обследованию и диагностике магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением (разраб. ООО «ВНИИГАЗ», утв. распоряжением ОАО «Газпром» № 190 от 03.07.2007) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/54/54350/> (дата обращения: 07.12.2020).
5. Р Газпром 2-2.3-691-2013. Методика формирования программ технического диагностирования и ремонта объектов линейной части магистральных газопроводов ЕСГ ОАО «Газпром»: рекомендации организации (разраб. ООО «Газпром ВНИИГАЗ») М.: Газпром, 2014.