



УДК 621.313.333.+621.31.03+621.314

ПРЕДОТВРАЩЕНИЙ АВАРИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

PREVENTION OF ACCIDENTS IN OPERATION OF MAIN PIPELINES

Бузуев Игорь Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры безопасность жизнедеятельности,
Самарский государственный
технический университет
id.yug2016@gmail.com

Buzuyev Igor Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor health and safety,
Samara state technical university
id.yug2016@gmail.com

Аннотация. Практика эксплуатации магистральных газопроводов показывает, что основными факторами, приводящими к разрушению, являются дефекты, такие как очаговая коррозия, трещины по механизму коррозионного растрескивания под напряжением, а также деформации от монтажной сборки стыков. Установлено, что в сварных соединениях и участках околошовной зоны кольцевых соединений магистральных газопроводов, выполненных ручной дуговой сваркой плавлением, под действием конструктивно-технологических и монтажных факторов могут возникнуть зоны с аномально высокой концентрацией рабочих напряжений. Дополнительное воздействие на околошовную зону остаточных сварочных напряжений и внутреннего рабочего давления снижает сопротивляемость сварного соединения хрупкому механическому разрушению и коррозионному растрескиванию под напряжением, что определяет повышенные требования к производству диагностических работ. Концентрация напряжений в околошовных зонах сварных стыков, возникающая при температурных воздействиях, приводит к возникновению неоднородности металла и появлению дефектов.

В статье анализируются действующие методы определения годности к эксплуатации сварных стыков и околошовных зон магистральных газопроводов по критерию наличия дефектов. Рассматривается практическое применение двух методов неразрушающего контроля, выполняемые для определения характера и наличия дефектов в сварных соединениях. В качестве объекта контроля используется дефектное сварное соединение магистрального газопровода, не допущенное к эксплуатации. Первый метод представляет из себя рентгенографическое обследование объекта контроля и является самым распространенным методом контроля сварных соединений на данный момент. Другой метод контроля основан на магнитной памяти металла. Метод магнитной памяти металла позволяет делать оценку дислокаций и дефектов, как в основном теле, так и в локальных зонах концентрации напряжений трубопровода.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, напряжения в околошовной зоне, современные методы, метод магнитной памяти металла, рентгенографический метод, диагностика сварных соединений.

Annotation. Operating practice of the gas-main pipeline shows that the main factors causing destruction are the defects such as hot-spot corrosion, cracks by the corrosion cracking under the strain and deformation in the joint mounting as well. It is established, that at the gas-main pipeline welded connections and weld-affected zone segments of the annular coupling, made by manual arc fluid welding, under the influence of constructive, technological and assembly factors there can be zones with abnormally high operational stress concentration. Additional impact on the weld-affected zone by the residual welding stress and internal operational stress reduces the resistance of welded joint to fragile mechanical destruction and corrosion cracking under the strain, and that determines the increased requirements to diagnostic works. Stress concentration in the weld-affected zones of welded joints occurring due to thermal stresses causes metal inhomogeneity and defects emergence.

In the article functioning methods on the operational feasibility definition of the gas-main pipelines welded joints and weld-affected zones by the criterion of the existed defects are analyzed. Practical application of two nondestructive control methods, carried out for definition of the defect character and existence in the welded connections, is considered. As a subject of a control the defective welded connection of the gas-main pipeline which isn't permitted to operation is used. The first method represents radiographic research of a control subject and is the most widespread control method of welded connections at the moment. The other control method is based on metal magnetic memory. Metal magnetic memory method allows to do dislocations and defects assessment, both in the main body, and in local zones of the pipeline stress concentration.

Keywords: gas-main pipeline, stress in the weld-affected zone, modern methods, metal magnetic memory method, radiographic method, diagnosis on the welded connections.

Сварные соединения всегда были и остаются наиболее слабым звеном в любой конструкции, поэтому одной из важнейших задач является определение наличия напряжений в околошовной зоне (ОШЗ) и сварных стыках газопроводов. Несмотря на то, что в настоящее время



технология эксплуатации и строительства газопроводов достигла высокого уровня, тем не менее, аварийные порывы газонефтепроводов имеют место быть довольно часто. Отсутствие дефектов будет гарантировать надежность и срок службы магистрального трубопровода, поддерживая эксплуатационные свойства, качественные характеристики материала трубы, которые будут максимально приближены к их теоретическим (расчетным) значениям [1].

Основными источниками повреждений при эксплуатации магистральных газопроводов являются локальные зоны напряжений – локальная коррозия, трещины по принципу коррозионного растрескивания под напряжением (КРН), а также деформации от монтажной сборки стыков, которые образуются под действием рабочих нагрузок [3].

Главной задачей неразрушающего контроля (НК) и средств диагностики при оценке состояния трубопроводов, находящихся в длительной эксплуатации, является поиск (или определение) потенциально опасных участков с развивающимися повреждениями [6]. Так же превалирующее значение имеет определение мест возможной аварии на магистральном трубопроводе.

К основным методам НК трубопровода относят радиографический, ультразвуковой (УЗК) и акустический контроль. Особенностью первого указанного метода является анализ плотности почернения рентгеновской пленки, установленной за объектом на контролируемом участке. Пленка чернеет за счет воздействия рентгеновского излучения от источника. По изменению плотности почернения можно определить характер и местонахождение дефекта. Второй – определяют наличие дефекта по изменениям параметров и координат волн, отражающихся от места несплошности металла. С помощью УЗК так же можно определить толщину стенки трубопровода. Акустический контроль позволяет делать обоснованные выводы о процессах зарождения и развития опасных повреждений и, в конечном итоге, о техническом состоянии объекта [2].

Причинами преждевременных отказов сварных соединений являются локальные зоны напряжений – дефекты сварки, остаточные сварочные напряжения, низкая сопротивляемость зарождению и распространению трещин зоны термического влияния и металла шва, а также деформации от монтажной сборки стыков, которые образуются под действием рабочих нагрузок [7]. Самый распространенный вид дефекта, образующийся при эксплуатации трубопровода, является коррозионное растрескивание металла.

Доля аварий по причине коррозионного растрескивания металла под напряжением достигла более 40 % [4]. Практически половина аварий на газонефтепроводах происходят из-за наличия остаточных напряжений в околошовной зоне и сварном стыке. Эти напряжения накладываются на рабочие, ускоряя процесс зарождения трещины в околошовных зонах соединений труб, и обуславливают непрерывный коррозионный процесс, а также способствуют развитию трещины до разрушения трубопровода.

К основным причинам появления напряжений в сварных элементах относят неравномерность нагрева и усадки сварного шва, структурные изменения металла и околошовной зоны. Также к причинам возникновения относят применение несоответствующей техники и технологии сварки (неверно выбран диаметр электрода, не соблюдаются режимы сварки и т.д.), низкая квалификация сварщика, нарушение размеров сварных швов и т.п. Одной из причин напряжения в ОШЗ и сварном соединении также является давление, создаваемое продуктом транспортировки.

Для определения наличия и характера дефектов в сварных соединениях газопровода необходимо выполнить оценку работоспособности участков околошовной зоны сварных соединений и определить годность к эксплуатации сварного соединения.

Практическое выявление дефектов сварного соединения магистрального газопровода

При сварочных работах процесс формирования магнитной текстуры происходит своевременно с кристаллизацией при охлаждении, как правило, в магнитном поле Земли [8]. Доменные границы образуются в тех местах, где происходит скопление дефектов кристаллической решетки (например, скоплений дислокаций в ОШЗ) и неоднородностей структуры. Такие линии принадлежат сечению детали, где регистрируется максимальное магнитное сопротивление. Они характеризуют зону максимальной неоднородности структуры металла трубы и зону максимальной концентрации внутренних напряжений (ЗКН).

Контроль методом магнитной памяти металла (ММПМ) выполняется на вырезанном дефектном сварном стыке магистрального газопровода. Для контроля наличия и характера дефектов сварного стыка фрагмента МГ выполнен радиографический контроль. В качестве результата контроля представлена рентгеновская пленка (рис. 1), установленная с наружной стороны сварного стыка МГ. Дефектами сварного стыка являются:

- неметаллические включения в корневом слое сварного стыка,
- поперечная трещина, в зоне продольного шва.



Рисунок 1 – Результат рентгенографического контроля

Результаты контроля сварного стыка на наличие напряжений методом МГП показаны на рисунке 2. Наличие трещины мы определили при регистрации и анализе изменения распределения магнитного поля обследуемой околошовной зоны.

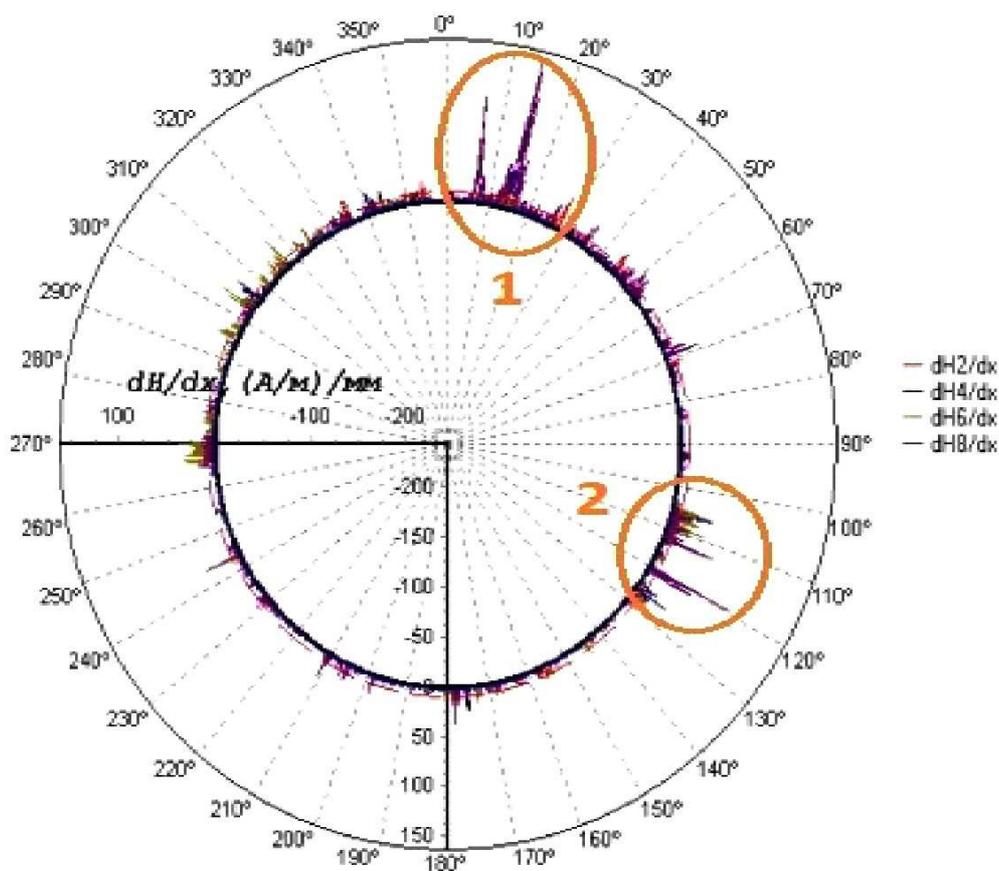


Рисунок 2 – Результат контроля: визуализация градиента магнитного поля (dH/dx) вдоль сварного соединения, где 1, 2 – зона концентрации напряжений

Неравномерность распределения магнитного поля в зоне 1 и 2 указывает на наличие концентратора напряжения в ОШЗ в виде трещины. Координаты зоны трещины и зоны термического влияния (ЗТВ) определены относительно местоположения участков с аномалиями магнитного поля, сопряженными с зонами отклонения уровня напряженно-деформированного состояния от фоновых значений – зонами дефектов 1 и 2 [9]. Расшифровка ММПП показала:

- поперечная трещина, в зоне продольного шва (зона 1);
- неметаллические включения в корневом слое сварного стыка (зона 2).

ММПМ и рентгенографический контроль фрагмента сварного стыка МГ имеют одинаковые результаты, которые соответствуют недопустимым дефектам по нормам отбраковки согласно «Инструкции по оценке дефектов труб и соединительных деталей при ремонте и диагностировании МГ», утвержденной 18 ноября 2008 г. ОАО «Газпром». Метод магнитной памяти металла оказался достоверным и информативным методом неразрушающего контроля.



Заключение

Практическое сравнение методов неразрушающего контроля показало их достоверность в определении наличия и характера дефектов. Однако рентгенографический метод не определил степень напряженно-деформированного состояния околошовной зоны и не показал зоны концентрации напряжений. В зонах концентраций напряжения сварных элементов газопроводов развивается неоднородность стационарных потенциалов, которые отвечают за интенсивность развития процессов коррозионно-механического повреждения. От наличия напряжений в сварном стыке и околошовной зоне зависит и работоспособность газопровода, то есть его годность к эксплуатации. Только метод магнитной памяти металла показал достоверную картину технического состояния сварного соединения.

Литература:

1. Дубов А.А. Метод магнитной памяти металла и возможности его применения для диагностики элементов энергетических котлов // Промышленная энергетика. – 2013. – № 2. – С. 48–53.
2. Дубов А.А., Дубов Ал.А. Опыт применения бесконтактной магнитометрической диагностики трубопроводов и перспективы ее развития // Контроль. Диагностика. – 2014. – № 4. – С. 64–67.
3. Касьянов А.Н. Оценка работоспособности околошовных зон кольцевых сварных соединений магистральных трубопроводов : дис. ... канд. техн. наук. – М., 2012.
4. Кузьмин А.Н., Жуков А.В., Журавлев Д.Б. Акустико-эмиссионная диагностика магистральных газопроводов с применением тензометрии // В Мире НК. – 2002. – 4 (18).
5. Инструкция по диагностике технического состояния трубопроводов бесконтактным магнитометрическим методом : РД 102-008-2002.
6. Самокрутов А.А., Шевалдыкин В.Г., Зверев Е.А., Велиулин И.И., Касьянов А.Н. Комплекс средств дефектоскопии трубопроводов больших диаметров // В мире неразрушающего контроля, ежеквартальное журнальное обозрение. – СПб, 2009. – № 1(43). – С. 18–21.
7. Burkov P.V., Burkova S.P., Timofeev V.Y. Analysis of stress concentrators arising during MKY.2SH-26/53 support unit testing. Appl. ied Mech. anics and Mat. erials: 682 (2014) 216–223.
8. Буклешев Д.О. Образование дефектов в околошовных зонах сварных стыков магистральных газопроводов под воздействием рабочих нагрузок // Журнал: Трубопроводный Транспорт. Теория и практика. – М. : ВНИИСТ, 2016. – № 1 (53). – С. 31–35.
9. Буклешев Д.О. Современные методы определения наличия напряжений в оклошовной зоне трубопроводов // Журнал: Трубопроводный Транспорт. Теория и практика. – М. : ВНИИСТ, 2016. – №1 (53) – С. 26–30.

References:

1. Dubov A.A. Method of magnetic memory of metal and possibility of its application for diagnostics of elements of power coppers // Industrial power. – 2013. – No. 2. – P. 48–53.
2. Dubov A.A., Dubov Al.A. Experience of application of contactless magnetometric diagnostics of pipelines and prospect of her development // Control. Diagnostics. – 2014. – No. 4. – P. 64–67.
3. Kasyanov A.N. Assessment of operability of okoloshovny zones of ring welded connections of the main pipelines : yew. ... Cand. Tech. Sci. – M, 2012.
4. Kuzmin A.N., Zhukov A.V., Zhuravlev D.B. Akustiko-emissionnaya diagnostics of the main gas pipelines with application of a tenzometriya // In the Tax Code World. – 2002. – 4 (18).
5. Instruction for diagnostics of technical condition of pipelines by a contactless magnetometric method : RD 102-008-2002.
6. Samokrutov A.A., Shevaldykin V.G., Zverev E.A., Veliyulin I.I., Kasyanov A.N. Kompleks of means of defec-toscopy of pipelines of big diameters // In the world of nondestructive control, a quarterly journal review. – SPb, 2009. – No. 1(43). – P. 18–21.
7. Burkov P.V., Burkova S.P., Timofeev V.Y. Analysis of stress concentrators arising during MKY.2SH-26/53 support unit testing. Appl. ied Mech. anics and Mat. erials: 682 (2014) 216–223.
8. Bukleshev D.O. Formation of defects in okoloshovny zones of welded joints of the main gas pipelines under the influence of working loadings // the Magazine: Pipeline Transport. Theory and practice. – M. : VNIIST, 2016. – No. 1 (53). – P. 31–35.
9. Bukleshev D.O. Modern methods of definition of presence of tension in an okloshovny zone of pipelines // Magazine: Pipeline Transport. Theory and practice. – M. : VNIIST, 2016. – No. 1 (53) – P. 26–30.