

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**ПРАКТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСКА К ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ
СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА***Буклешев Дмитрий Олегович**аспирант, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус
E-mail: bukleshev_dima@mail.ru***PRACTICAL DEFINITION OF THE PERMISSION TO OPERATION OF ELEMENTS
OF THE GAS-MAIN PIPELINE WELDED CONNECTION***Dmitriy Bukleshev**postgraduate student of Federal State Budgetary Educational Institution of High Education
«Samara State Technical University»,
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244, Main block***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, выполняемых 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 собой рентгенографическое обследование объекта контроля и является самым распространенным методом контроля сварных соединений на данный момент. Второй 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.

ABSTRACT

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.

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

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 происходят довольно часто. Отсутствие дефектов будет гарантировать надежность и увеличивать срок службы магистрального трубопровода, поддерживая эксплуатационные свойства и качественные характеристики материала трубы, максимально приближая данные характеристики 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]. Также 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 в результате воздействия рентгеновского излучения от источника. По изменению плотности почернения можно определить характер и местонахождение дефекта. С помощью второго из названных выше методов определяется наличие дефекта по изменениям параметров и координат волн, отражающихся от места несплошности металла. Используя УЗК, также 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]. Самым распространённым видом дефекта, образующегося при эксплуатации трубопровода, является коррозионное растрескивание металла.

Доля аварий по причине коррозионного растрескивания металла под напряжением составляет более 40% [4]. Практически половина аварий на газонефтепроводах происходит 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 относятся неравномерность нагрева и усадки сварного шва, структурные изменения металла и околошовной зоны. Также причинами возникновения напряжений являются 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 одновременно с кристаллизацией при охлаждении, как правило, в магнитном поле Земли. Доменные границы образуются в тех местах, где происходит скопление дефектов кристаллической решётки (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 (МММ) 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 (рисунок 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.

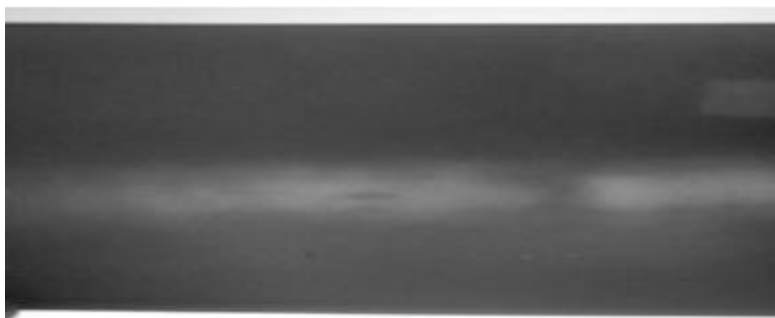


Рисунок 1. Результат рентгенографического контроля

Результаты контроля сварного стыка на наличие напряжений методом МПМ показаны на рисунке 2. Наличие трещины мы определили при регистрации и

анализе изменения распределения магнитного поля обследуемой околошовной зоны.

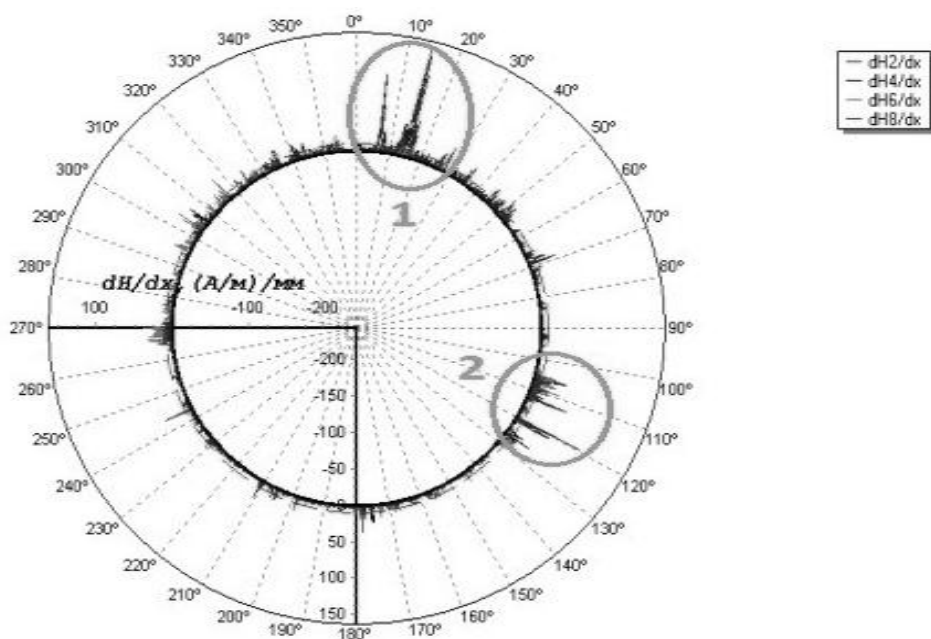


Рисунок 2. Результат контроля. Визуализация градиента магнитного поля (dH/dx) вдоль сварного соединения, где 1, 2 – зоны концентрации напряжений

Неравномерность распределения магнитного поля в зонах 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 [5]. 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 дают одинаковые результаты, которые указывают на недопустимые дефекты 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 напряжений 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 работоспособность газопровода, то есть его годность к эксплуатации. Только метод магнитной памяти металла показал достоверную картину технического состояния сварного соединения.

Список литературы:

1. Дубов А.А. Метод магнитной памяти металла и возможности его применения для диагностики элементов энергетических котлов [Текст] // Промышленная энергетика. – 2013. – № 2. – С. 48–53.
2. Дубов А.А., Дубов Ал.А. Опыт применения бесконтактной магнитометрической диагностики трубопроводов и перспективы ее развития [Текст] / А.А. Дубов, Ал.А. Дубов // 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. РД 102-008-2002 Инструкция по диагностике технического состояния трубопроводов бесконтактным магнитометрическим методом.
6. Самокрутов А.А., Шевалдыкин В.Г., Зверев Е.А., Велиулин И.И., Касьянов А.Н. Комплекс средств дефектоскопии трубопроводов больших диаметров // С-Пб.: В мире неразрушающего контроля : ежеквартальное журнальное обозрение. – 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. // Applied Mechanics and Materials: 682 (2014) 216–223.

References:

1. Dubov A.A. Metal magnetic memory method and possibilities of its use for the diagnosis of the elements of power boilers. Promyshlennaia energetika. [Industrial energetics], 2013, no. 2, pp. 48–53 (In Russian).
2. Dubov A.A., Dubov Al.A. Experience in the use of contactless magnetometric diagnostics of pipeline and prospects of its development. Kontrol'. Diagnostika. [Control. Diagnostics], 2014, no. 4, pp. 64–67 (In Russian).
3. Kas'ianov A.N. Evaluation of efficiency of suture zones of circular welded joints of pipelines. Cand. tech. sci. diss. Moscow, 2012. (In Russian).
4. Kuz'min A.N., Zhukov A.V., Zhuravlev D.B. Acoustic-emission diagnostics of gas mains using tensometry. V Mire NK. [In the world of non-destructive control], 2002, 4(18). (In Russian).
5. RD 102-008-2002 Instructions for diagnosing the technical condition of pipelines by the contactless magnetometric method.
6. Samokrutov A.A., Shevaldykin V.G., Zverev E.A., Veliulin I.I., Kas'ianov A.N. Complex of means inspection of pipelines of large diameters. S-Pb.: V mire nerazrushaiushchego kontroliia: ezhekvartal'noe zhurnal'noe obozrenie. [Saint-Petersburg : In the world of non-destructive control: the quarterly review of the log], 2009, no. 1(43), pp. 18–21 (In Russian).
7. Burkov P.V., Burkova S.P., Timofeev V.Y. Analysis of stress concentrators arising during MKY.2SH-26/53 support unit testing. Applied Mechanics and Materials: 682 (2014) 216–223.