

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ ОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА**

Култаев Максим Александрович. Магистрант гр. ТСмоз-161, II курс

Научный руководитель: Абабков Николай Викторович, к.т.н.

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени

Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

[kma@promex.su](mailto:kma@promex.su)

В настоящее время трубопроводы тепловых сетей на территории опасного производственного объекта находятся на контроле сотрудников отвечающих за безопасность эксплуатации опасных производственных объектов на территории предприятия [2]. Сотрудники, которые непосредственно связаны с работой трубопроводов и которые отвечают за рабочее состояние трубопроводов, должны быть аттестованы по охране труда, а так же пройти инструктаж по технике безопасности. Ответственные за безопасность назначаются приказом, подписанным руководителем данной организации. Непосредственный контроль за трубопроводами на опасном производственном объекте проводится по составленному графику. Чаще всего используется метод визуального и измерительного контроля, на основе которого специалист оценивает необходимость проведения дополнительных методов контроля, таких как ультразвуковой контроль и ультразвуковая толщинометрия. На основе этих методов, выявляются дефекты основного металла трубопроводов и сварных соединений [8].

Из этого можно сделать вывод, что на значительную часть процесса контроля за состоянием эксплуатируемых трубопроводов на территории опасного производственного объекта приходится человеческий фактор, который обусловлен выбором методов контроля специалистом, проводящим визуальный и измерительный контроль трубопроводов. Так как организационные решения по замене или трубопровода принимаются на основе результатов осмотра и результатов неразрушающего контроля, а так же проведенных мероприятий ремонта, соответственно графику предприятия, для того что бы снизить человеческий фактор, актуальной является возможность ввести измерение коэргитивной силы основного металла и сварных соединений трубопровода наравне с визуальным и измерительным контролем, а так же после проведения ремонтов трубопроводов тепловых сетей, находящихся на территории опасного производственного объекта, а так же для изучения влияния проведенных ремонтных работ на общее состояние трубопровода.

В настоящее время состояние трубопроводов тепловых сетей находящихся на территории опасного производственного объекта, можно оценить как удовлетворительное, однако аварии происходящие с трубопроводами различных предприятий, далеко не редкость, а трубопроводы тепловых сетей находятся в эксплуатации продолжительное время [3]:

- около 40 % всех трубопроводов теплоэлектроцентралей имеют срок службы более 25 лет;
- 35 % - от 10 до 25 лет;
- и лишь 25 % менее 10 лет.

В связи с тем, что авария трубопровода тепловой сети на территории опасного производственного объекта может привести к более серьезным последствиям, чем за его пределами и что за пределами самой территории организации имеют слишком обширный парк трубопроводов, а так же исходя из вышеперечисленных факторов, при проведении плановых осмотров состояния трубопроводов тепловых сетей, находящихся на территории опасного производственного объекта, а так после проведения ремонтов проведенных по графику, утвержденному организацией, необходимо ввести наравне с визуальным и измерительным контролем дополнительный метод неразрушающего контроля, для оценки состояния трубопровода после ремонта и длительной эксплуатации, что бы снизить влияние человеческого фактора и предупредить аварии трубопроводов тепловых сетей на территории опасного производственного объекта вдоль и поперек относительно центральной оси гибов и паропроводов .

### **Результаты их обсуждение**

Поставленная задача в способе определения механических напряжений в стальных конструкциях, включающем изготовление образца из материала, аналогичного материалу конструкции, нагружение образца, получение зависимости коэрцитивной силы от величины напряжений в образце, измерение коэрцитивной силы металла конструкции и определение величины напряжения с помощью полученной зависимости, решается тем, что образец изготавливают в виде полого цилиндра, а нагрузления образца выполняют созданием в нем избыточного внутреннего давления жидкой или газовой среды или его изгибом, при этом при испытании образца и определении напряжений в конструкции ориентируют датчик коэрцитиметра таким образом, чтобы направление создаваемого магнитного потока совпадало с направлением действия определяемых напряжений [4, 5, 7]. Сопоставление результатов контроля магнитными методами и контроля традиционными методами.

В работе будут использованы образцы материала 17Г1С типоразмера свыше Ø159×8 [6]. Характеристика материала образцов:

|                |   |
|----------------|---|
| Марка:         | 17Г1С   |
| Классификация: | Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций             |
| Дополнение:    | Сталь кремнемарганцовистая  |
| Применение:    | Сварные детали, работающие под давлением при температуре от —40 до +475 °С. |

**Химический состав в % материала 17Г1С (ГОСТ 19281 – 89)**

| C             | Si           | Mn            | Ni     | S       | P        | Cr     | N        | Cu     | As      |
|---------------|--------------|---------------|--------|---------|----------|--------|----------|--------|---------|
| 0.15<br>- 0.2 | 0.4 -<br>0.6 | 1.15<br>- 1.6 | до 0.3 | до 0.04 | до 0.035 | до 0.3 | до 0.008 | до 0.3 | до 0.08 |

Технологические свойства материала 17Г1С.

|                |                  |
|----------------|------------------|
| Свариваемость: | без ограничений. |
|----------------|------------------|

Механические свойства при Т=20°C материала 17Г1С .

| Сортамент            | Размер | Напр. | $\sigma_b$ | $\sigma_t$ | $\delta_5$ | $\psi$ | KCU                  | Термообр. |
|----------------------|--------|-------|------------|------------|------------|--------|----------------------|-----------|
| -                    | мм     | -     | Па         | МПа        | %          | %      | кДж / м <sup>2</sup> | -         |
| Лист, ГОСТ 5520-79   |        |       | 0          | 345-355    | 23         |        | 390-440              |           |
| Трубы, ГОСТ 10705-80 |        |       | 0          | 343        | 20         |        |                      |           |

Обозначения:

$\sigma_b$  - предел кратковременной прочности, Мпа;

$\sigma_t$  - предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), Мпа;

$\delta_5$  - Относительное удлинение при разрыве, %;

$\psi$  - Относительное сужение, %;

KCU - Ударная вязкость, кДж / м<sup>2</sup>

Свариваемость:

|                          |   |
|--------------------------|---|
| - без ограничений        | сварка производится без подогрева и без последующей термообработки;   |
| -ограниченно свариваемая | сварка возможна при подогреве до 100-120 град. и последующей термообработке;  |
| - трудносвариваемая      | для получения качественных сварных соединений требуются дополнительные операции: подогрев до 200-300 град. при сварке, термообработка после сварки – отжиг. |

Испытание проводилось на разрывной машине УГС, образец подвергался постепенной нагрузке и проводились замеры магнитным структуроископом КСП-01. Результаты представлены в таблице 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Результаты замеров коэрцитивной силы в исходном состоянии и под нагрузкой

| п/п | Величина нагрузжения, кг | Магнитная характеристика (коэрцитивная сила) основного металла, А/см |      |      | Магнитная характеристика (коэрцитивная сила) сварного соединения, А/см |      |      | Наружный диаметр образца, мм |
|-----|--------------------------|--|------|------|--|------|------|------------------------------|
|     |                          | 1  | 2    | 3    | 1  | 2    | 3    |                              |
| 1   | -                        | 3,21   | 3,29 | 3,27 | 4,37   | 4,4  | 4,42 | 159                          |
| 2   | 320                      | 3,30   | 3,33 | 3,36 | 4,35   | 4,37 | 4,45 | 158,1                        |
| 3   | 640                      | 3,56   | 3,36 | 3,31 | 4,41   | 4,31 | 4,33 | 158,1                        |
| 4   | 1280                     | 3,57   | 3,76 | 3,47 | 4,32   | 4,40 | 4,34 | 158                          |
| 5   | 1500                     | 3,42   | 3,39 | 3,43 | 4,35   | 4,29 | 4,32 | 157,5                        |
| 6   | 1800                     | 3,46   | 3,58 | 3,47 | 4,40   | 4,38 | 4,40 | 157                          |

Для наглядности изменений коэрцитивной силы построим график зависимости коэрцитивной силы от величины нагрузжения при замерах основного металла и металла сварного соединения [1].

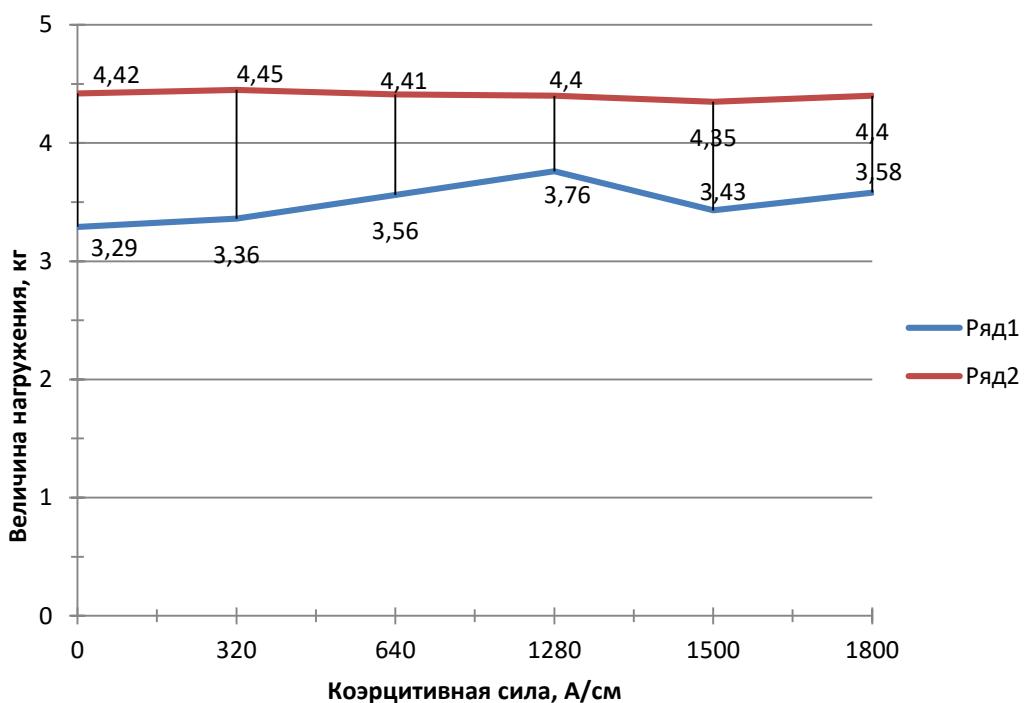


Рис. 1. График зависимости коэрцитивной силы от величины нагрузжения при замерах основного металла и металла сварного соединения

Как видно, по графику коэрцитивная сила меняется в основном в сторону больших значений, т.е. в сторону критического состояния, которое для металла 17Г1С составляет около 12,0. Критическое состояние для Стали 17Г1С

вычислено экспертами ООО «ПРОМЭКС» на основе РД ИКЦ "КРАН"- 007-97-02 с выборочной экспериментальной проверкой.

Следовательно, если на предприятии проводить измерения коэрцитивной силы трубопроводов тепловых сетей на территории опасного производственного объекта при плановом осмотре, наравне с визуальным и измерительным, а так же после ремонта трубопроводов, то в динамике результаты будут изменяться более существенно, что позволит предупредить критическое состояние трубопроводов.

### **Вывод**

Проведено исследование образцов металла трубопроводов тепловых сетей на опасном производственном объекте. Исследованы: образец не имеющий повреждений. Измерения коэрцитивной силы трубопроводов тепловых сетей на территории опасного производственного объекта могут применяться наравне с визуальным и измерительным, а так же после ремонта трубопроводов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, соглашение №14-19-00724-П.*

### **Список литературы**

1. РД ИКЦ "КРАН"- 007-97-02. – 52 с.
2. Смирнов А. Н., Муравьев В. В., Абабков Н. В. Разрушение и диагностика металлов. – Москва-Кемерово: Инновационное машиностроение. 2016. – 479 с.
3. Савченко, Н. В. Анализ аварий трубопроводов горячей воды на опасных производственных объектах / Н. В. Савченко, А. Н. Савченко // -Промышленные и строительные технологии. – 2015. – №1 (1). – 114 с.
4. Горкунов, Э. С. Влияние накопленной деформации сдвига и поврежденности при кручении на магнитные характеристики стали / Э. С. Горкунов, С. В. Смирнов, С. М. Задворкин и др. // Физическая мезомеханика. – 2004. – №7. Спец. выпуск Ч. 2.
5. Абабков, Н. В. Оценка состояния наплавленного металла барабана котла высокого давления по коэрцитивной силе металла / Н. В. Абабков, А. Н. Смирнов, А. И. Копытов, А. А. Трубин // Вестник КузГТУ. 2011. № 2. – С. 57–60.
6. Патент РФ №2116635, МПК G01L 1/12, G01N 27/83, опубл. 27.07.98
7. Мужицкий, В. Ф. Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния и остаточного ресурса стальных металлоконструкций подъемных сооружений и сосудов, работающих под давлением / В. Ф. Мужицкий, Б. Е. Попов, Г. Я. Безлюдько // Дефектоскопия. – 2001. – №1. – С. 38–46.
8. Абабков, Н. В. Диагностика, повреждаемость и ремонт барабанов котлов высокого давления / Абабков Н. В., Кашубский Н. И., Князьков В. Л., Князьков А. Ф., Козлов Э. В., Конева Н. А., Макаров Н. М., Муравьев В. В., Попова Н. А., Смирнов А. Н., Фольмер С. В. – М.: Машиностроение. – 2011. – 256 с.