

*КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
МЕТОДАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ*

Е.И. ВЕЛИЧКО, М.Г. ПРИХОДЬКО, А.Е. НИЖНИК

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2.*

Проведен анализ определения технического состояния сварных соединений методами неразрушающего контроля (НК), каждому из которых дана краткая характеристика. Также рассмотрено процентное соотношения применяемых методов контроля. Рассмотрены оптимальные условия для проведения диагностики резервуаров в зависимости от срока эксплуатации объекта. Представлена классификация основных видов и методов неразрушающего контроля в соответствии с государственным стандартом, в основу которой положен физический процесс с момента взаимодействия физического поля или вещества с контролируемым объектом до получения первичной информации.

Ключевые слова: методы неразрушающего контроля, сварные соединения, резервуары вертикальные стальные, диагностика оборудования.

Крупногабаритные вертикальные стальные резервуары, являясь неотъемлемым звеном в технологической цепочке трубопроводного транспорта нефти, должны находиться в безотказном состоянии весь период эксплуатации. Несмотря на определенный интерес, достигнутый в последние годы в резервуаростроении, резервуары для нефти и нефтепродуктов остаются одними из наиболее опасных объектов.

Это связано с целым рядом причин, наиболее характерными из них являются: высокая пожаровзрывоопасность хранимых продуктов; крупные размеры конструкций и связанная с этим протяженность сварных швов, которые трудно проконтролировать по всей длине; несовершенства геометрической формы, неравномерные просадки оснований; деформации стенок; высокая скорость коррозионных повреждений; малоцикловая усталость отдельных зон стенки конструкции; сложный характер нагружения конструкции в зоне уторного шва в сочетании с практическим отсутствием контроля сплошности этих сварных соединений [1].

Исследования в области повышения надежности конструкции РВС являются очень актуальными, так как потери от разрушения резервуаров не

только экономические, но и экологические и даже человеческие. Основная возможность повысить надежность конструкции РВС - проведение своевременной диагностики, для выявления дефектов и возможных разрушений.

В соответствии со сроком эксплуатации существует возможность выполнять как полную техническую диагностику, так и частичную, основные сведения представлены в таблице 1. По статистическим данным известно, что до 80 % затрат на проведение полного диагностического обследования РВС связано с работами по снятию и восстановлению антикоррозионного покрытия [1]. Однако развитие методов проведения неразрушающего контроля, современное оборудование с новейшим программным обеспечением позволяют проводить диагностику резервуаров без снятия защитного покрытия с заданной точностью и качеством согласно НТД (нормативно-технической документации) На рисунке 1 представлен резервуар с зачищенными участками околошовных зон. Также на фотографии реального объекта – РВС-10000, отражен процесс восстановления антикоррозионного покрытия (АКП) [1].



Рисунок 1- Процесс восстановления антикоррозионного покрытия.

Таблица 1- Возможность диагностики резервуаров.

Срок эксплуатации	Частичная техническая диагностика	Полная техническая диагностика
До 20 лет	Один раз в пять лет после строительства, последней диагностики или ремонта	Один раз в 10 лет после последнего ремонта или через пять лет после частичной технической диагностики
Более 20 лет	Один раз в четыре года после последней диагностики или ремонта	Один раз в восемь лет после последнего ремонта или через четыре года после частичной технической диагностики

Неразрушающий контроль — контроль свойств и параметров объекта, оценка надёжности неразрушающими методами, при которых не должна быть нарушена пригодность объекта к использованию и эксплуатации [3].

Неразрушающий контроль особенно важен при создании и эксплуатации важных изделий, компонентов и конструкций. Для выявления различных дефектов, таких как разъедание, ржавление, растрескивание сварных соединений используются различные методы неразрушающего контроля [3]:

- 1 Ультразвуковой;
- 2 Магнитный;
- 3 Электрический;
- 4 Вихретоковый;
- 5 Радиоволновой;
- 6 Тепловой;
- 7 Радиационный;
- 8 Акустический;
- 9 Гидравлические испытания;
- 10 Пневматические испытания.

Классификация основных видов и методов неразрушающего контроля в соответствии с государственным стандартом приведена в таблице 2 [3,4].

В ее основу положен физический процесс с момента взаимодействия физического поля или вещества с контролируемым объектом до получения первичной информации. Неразрушающим такой контроль является, так как

интенсивность взаимодействующих с объектом физических полей такова, что не влияет на возможность использования объекта по назначению и его безопасность [4].

По физическим явлениям, на которых эти методы основаны, выделяют девять видов неразрушающего контроля: магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, визуально-оптический радиационный, акустический и проникающими веществами (капиллярный). Методы каждого из перечисленных в таблице 2 видов неразрушающего контроля классифицируются по следующим признакам [3]:

- характеру взаимодействия физических полей или веществ с контролируемым объектом;
- первичным информативным параметрам;
- способам получения первичной информации.

Характер взаимодействия физического поля или вещества с контролируемым объектом – это непосредственное взаимодействие поля или вещества с контролируемым объектом, но не с проникающим веществом. Первичный информативный параметр – одна из основных характеристик физического поля или проникающего вещества, регистрируемая после взаимодействия этого поля или проникающего вещества с контролируемым объектом [3].

Магнитный метод контроля основан на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами. Его применяют, как правило, для контроля объектов из ферромагнитных материалов [5]. При этом методе во всех случаях используют намагничивающие объекты и измеряют параметры, используемые при контроле магнитными методами. В зависимости от магнитных свойств материала (коэрцитивной силы, магнитной проницаемости, остаточной индукции), формы и размеров контролируемого изделия применяют два способа намагничивания:

- приложенного магнитного поля;
- остаточной намагниченности.

Для индицирования полей рассеяния на дефектах и измерения магнитных характеристик материалов также используют датчики типа феррозондов (феррозондовый метод), преобразователи Холла, магниторезисторы. Часто для регистрации полей рассеяния над дефектом применяют магнитные порошки или магнитные суспензии (магнитопорошковый метод) [2].

Электрический метод неразрушающего контроля состоит в регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с контролируемым объектом. Информативными параметрами являются электрическая емкость или потенциал. Емкостный вид метода применяют для контроля диэлектрических или полупроводниковых материалов [3].

Таблица 2 – Классификация основных видов и методов неразрушающего контроля.

Вид контроля	Классификация методов неразрушающего контроля		
	По характеру взаимодействия физических полей с контролируемым объектом	По первичному информативному характеру	По способу получения первичной информации
Ультразвуковой	Прошедшего излучения Отраженного излучения (эхо-метод)	Амплитудный Фазовый Частотный	Микрофонный Порошковый
Магнитный	Магнитный	Коэрцитивной силы Намагниченности Остаточной индукции Магнитной проницаемости Напряженности	Магнитопорошковый Индукционный Феррозондовый Эффекта Холла Магнитографический
Электрический	Электрический Трибоэлектрический Термоэлектрический	Электро-потенциальный Электремкостный	Электрический порошковый Электроискровой Рекомбинационного излучения
Вихретоковый	Прошедшего излучения Отраженного излучения	Амплитудный Фазовый Частотный	Трансформаторный Параметрический
Радиоволновой	Прошедшего излучения Отраженного излучения	Амплитудный Фазовый Частотный Временной	Детекторный (диодный) Болометрический Термостатный

	Рассеянного излучения Резонансный	Поляризационный Геометрический	Интерференционный Голографический Жидких кристаллов
Тепловой	Тепловой контактный Конвективный Собственного излучения	Термометрический Теплометрический	Пирометрический Жидких кристаллов Термокрасок Термозависимых параметров
Радиационный	Прошедшего излучения Рассеянного излучения Активационного анализа Характеристического излучения	Плотности потока энергии Спектральный	Сцинтилляционный Ионизационный Вторичных электронов Радиографический
Акустический	Прошедшего излучения Отраженного излучения (эхо-метод) Резонансный Свободных колебаний Акустико-эмиссионный	Амплитудный Фазовый Частотный Спектральный	Электромагнитно-акустический Микрофонный Порошковый

На основе статистических данных была построена гистограмма (рисунок 2), в которой наглядно показано процентное соотношение применяемых методов НК при диагностике сварных соединений [2,3,4].



Рисунок 2- Гистограмма процентного соотношения применяемых методов НК при диагностике сварных соединений.

Электрический метод неразрушающего контроля состоит в регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с контролируемым объектом. Информативными параметрами являются электрическая емкость или потенциал. Емкостный вид метода применяют для контроля диэлектрических или полупроводниковых материалов [2].

Вихретоковый метод (электромагнитный метод) основан на регистрации и анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте. Этим методом контролируют изделия из электропроводящих материалов [2].

Радиоволновой метод неразрушающего контроля основан на регистрации изменений параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с контролируемым объектом. Обычно применяют волны сверхвысокой частоты длиной от 1 до 100 мм [5] и контролируют изделия из материалов, где радиоволны не очень сильно затухают: диэлектрики (пластмассы, керамика, стекловолокно), магнитодиэлектрики (ферриты), полупроводники, тонкостенные металлические объекты.

Тепловой метод неразрушающего контроля заключается в регистрации изменения тепловых полей контролируемого объекта. Он применим к объектам из любых материалов и толщин [5].

Радиационный метод неразрушающего контроля основан на регистрации и анализе проникающего через объект ионизирующего излучения.

Акустический метод неразрушающего контроля заключается в регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых или возникающих в объектах. Чаще всего используют упругие волны ультразвукового диапазона. Этот метод называют еще ультразвуковым. К акустическим методам относится метод акустической эмиссии, когда в изделии возникают упругие колебания вследствие перестройки структуры, зарождения и развития дефектов, коррозионного растрескивания и пластического деформирования [2].

В зависимости от вида акустического метода (ультразвуковая дефектоскопия, акустическая эмиссия) информативными признаками являются: амплитуда, фаза, время распространения, число импульсов, амплитудно-частотный спектр, плотность сигналов и др.

Существует также визуально-оптический метод неразрушающего контроля, он основан на наблюдении и анализе параметров оптического излучения, взаимодействующего с контролируемым объектом [5].

При визуальном контроле измеряемой характеристикой является изменение интенсивности света. Зрительно контролируют исходные материалы, полуфабрикаты, готовую продукцию, обнаруживают отклонения формы и размеров валиков сварных швов, изъяны материала и обработки, поверхностные дефекты.

Однако возможности глаза ограничены, и поэтому применяют оптические приборы (лупы, эндо- и микроскопы), которые позволяют расширить пределы возможностей человеческого глаза. Визуальный контроль с применением оптических приборов называют визуально-оптическим. Он состоит в использовании явления отражения видимого света от исследуемого объекта [4].

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении в полость дефектов контролируемых объектов пробных веществ, в частности индикаторной жидкости, хорошо смачивающей материал изделия. Их применяют для обнаружения слабо видимых невооруженным глазом поверхностных дефектов в изделиях из любых материалов [5].

Неразрушающий контроль качества весьма эффективен. Он позволяет снижать трудоемкость контрольных операций, резко повышать производительность труда контролеров. Так, например, металлографический анализ структуры образца занимает от 2 до 3 ч, а автоматические средства неразрушающего контроля выявляют аналогичные дефекты за время от 1 до 2 с. Применение методов неразрушающего контроля качества экономит средства за счет отбраковки недоброкачественного металла, заготовок перед дорогостоящей механической обработкой [5].

Неразрушающий контроль дает возможность проверить качество деталей до вовлечения их в сборку и тем самым не допустить использования дефектных деталей в конструкциях машин, а, следовательно, предотвратить аварии и катастрофы. Данные о дефектах, полученные на ранних стадиях производства, позволяют техническим службам предприятия совершенствовать технологические процессы, улучшать режимы обработки металла в горячем и холодном состоянии, уменьшать вес деталей и всего изделия в целом путем уменьшения коэффициентов запаса прочности [5]

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Шарков А.Е., Гретченко Д.А. «Технология диагностики вертикальных стальных резервуаров без снятия антикоррозионного покрытия // фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-8. – с. 1703-1708.

2. Ключев В.В. , Соснин Ф.Р., Ковалев А.В. : «Неразрушающий контроль и диагностика»/ под ред. Ключева В.В. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. 656с., ил.

3. Яковлев А.Я. , Аленников С.Г., Теплинский Ю.А., Быков И.Ю.: «Методы оценки эксплуатационной работоспособности труб технологических газопроводов»/ Под общей редакцией доктора технических наук, профессора Быкова И.Ю. - М.: Изд. ООО «Центр ЛитНефтеГаз».-2008.-272 с.

4. Кунина П.С., Величко Е.И., Павленко П.П. «Диагностика энергетического оборудования трубопроводного транспорта нефти и газа», Краснодар: Издательский Дом-Юг, 2010. - 552 с. ISBN 978-5-91718-082-3.

5. Коршак, А. А. Диагностика объектов нефтеперекачивающих станций [Текст] : учеб. пособие для вузов / Коршак А. А. , Байкова Л. Р. - Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2008. - 172 с.

REFERENCES

1. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Sharkov A.E., Gretchenko D.A. «Tekhnologiya diagnostiki vertikalnykh stalnykh rezervuarov bez snyatiya antikorrozionnogo pokrytiya // fundamentalnye issledovaniya. – 2014. – № 9-8. – s.

1703-1708.

2. Klyuev V.V. , Sosnin F.R., Kovalev A.V. : «Nerazrushayushchiy kontrol i diagnostika»/ pod red. Klyueva V.V. 2-e izd., ispr. i dop. – M.: Mashinostroenie, 2003. 656s., il.

3. Yakovlev A.Ya. , Alennikov S.G., Teplinskiy Yu.A., Bykov I.Yu.: «Metody otsenki ekspluatatsionnoy rabotosposobnosti trub tekhnologicheskikh gazoprovodov»/ Pod obshchey redaktsiey doktora tekhnicheskikh nauk, professora Bykova I.YU. - M.: Izd. OOO «Tsentr LitNefteGaz».-2008.-272 s.

4. Kunina P.S., Velichko E.I., Pavlenko P.P. «Diagnostika energeticheskogo oborudovaniya truboprovodnogo transporta nefti i gaza», Krasnodar: Izdatelskiy Dom-Yug, 2010. - 552 s. ISBN 978-5-91718-082-3.

5. Korshak, A. A. Diagnostika obektov nefteperekachivayushchikh stantsiy [Tekst] : ucheb. posobie dlya vuzov / Korshak A. A. , Baykova L. R. - Ufa : DizaynPoligrafServis, 2008. - 172 s.

WELD INSPECTION NDT METHOD

E.I. VELICHKO, M.G. PRIKHODKO, A.E. NIZHNIK

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072.*

The analysis of the technical condition of the welded joints of the method-E non-destructive testing (NDT), each of which is a brief description of given. Also, an analysis of the percentage of control methods applied and the data are summarized in the histogram. Considered the best conditions for diagnostics of tanks, depending on the lifetime of the object. The classification of the main types of non-destructive testing methods and in accordance with the state standard, which was based on a physical process from the moment of the interaction of a physical field or substances controlled object to obtain initial information.

Key words: NDT methods, welded joints, vertical steel tanks, equipment diagnostics.