

Автоматизация контроля сварных швов

О.Б. Бавыкин, Р.Н. Логинов

Политехнический институт, Москва

Аннотация: В статье рассмотрены методы и средства контроля дефектов сварных швов. Перечислены типы дефектов и их влияние на эксплуатационные характеристики изделия. Показано, что ультразвуковой метод наилучшим образом подходит для контроля швов трубопроводной арматуры. На основе проведенного анализа конструкции и принципа работы ультразвукового дефектоскопа разработана методика автоматизированного контроля дефектов. Предоставлены результаты контроля по написанной методике. Описаны дальнейшие пути автоматизации дефектоскопа UCD-50 IPS и его аналогов.

Ключевые слова: сварной шов, дефект, ультразвуковой контроль, ультразвуковой дефектоскоп, трубопроводная арматура, неразрушающий контроль, программное обеспечение.

Необходимость и важность контроля сварных швов. Виды дефектов и их влияние на эксплуатационные характеристики изделия

Трубопроводная арматура (далее ТПА) является стационарным элементом и предназначена для регулирования расхода потока рабочей среды (СТО Газпром 2-4.1-212-2008). Область применения ТПА - это объекты, оборудование нефтяной и газовой промышленности (ГОСТ Р 51365-2009). Рабочей средой для ТПА являются жидкости и газы, не агрессивные по отношению к материалам деталей. К эксплуатационным характеристикам ТПА предъявляются требования к надежности (ГОСТ Р 27.403-2009) и безопасности (ГОСТ 12.2.063-2015) в рамках бесперебойной работы в условиях пониженных и повышенных температур, вибрационных нагрузок, повышенной относительной влажности, с вероятностью сейсмической активности (ГОСТ 15150-69).

Известно, что сварные швы (ГОСТ 5264-80) (далее СШ) с дефектами влияют на эксплуатационные характеристики будущего изделия, и поэтому необходимо контролировать качество СШ на этапе изготовления. Анализируя литературные источники [1-3; 4-6], можно выделить следующие группы дефектов, влияющих на эксплуатационные характеристики будущих изделий, которые представлены в таблице №1.

Таблица № 1

Типы дефектов металла

№п/п	Наименование материала	Основные типы дефектов
1	Литейные дефекты	Усадочные раковины, термические трещины, холодные трещины, горячие трещины, спаи, плены
2	Дефекты прокатанного и кованного металла	Трещины, плены, закаты и заковы, рванины, внутренние разрывы
3	Дефекты сварных соединений	Шлаковые включения в металле шва, поры и раковины, непровар, трещины рихтовочные
4	Дефекты при обработке деталей	Надрывы, закалочные трещины, шлифовочные трещины.
5	Дефекты возникающие при эксплуатации изделий	Трещины усталости, коррозионные повреждения.

Методы контроля дефектов сварных швов. Обзор имеющихся решений

Приведенный анализ работ ряда авторов [7-9] показал, что для контроля дефектов СШ ТПА используют следующие методы неразрушающего контроля (далее НК):

- Визуальный и измерительный контроль (далее ВИК);
- Капиллярная дефектоскопия (далее КД);
- Ультразвуковой контроль (далее УЗК).

ВИК проводится с целью выявления поверхностных дефектов, осуществляемый при помощи универсальных средств измерений. Проводится с целью измерения линейных размеров СШ. КД проводится при помощи проникающих веществ и предназначена для обнаружения открытых, сквозных дефектов, выходящих на поверхность, таких как поры, трещины, свищи и других несплошностей. УЗК основывается на принципе распространения в металле колебаний ультразвуковой частоты в диапазоне свыше 20 kHz, от 0,5 до 25 МГц. Проводится для выявления подповерхностных несплошностей, таких как трещины, непровары, пустоты, инородные включения (как на малых, так и на больших глубинах), где ранее перечисленные методы будут не эффективны. Анализируя особенности рассмотренных выше методов контроля, сделаем вывод, что для контроля дефектов СШ ТПА наилучшим образом подходит УЗК.

Конструкция и принцип работы дефектоскопа. Определение дефекта. Подключение дефектоскопа к компьютеру. «Logger» и его достоинства

Конструкция ультразвукового дефектоскопа (далее УЗД) UCD-50 IPS, а также технические и метрологические характеристики доступны на сайте производителя. УЗД (согласно УД.00.00.00.00МП) имеет 12 месячный интервал между поверками [10]. УЗД предназначен для контроля продукции на наличие дефектов типа несплошности. В основу работы УЗД заложена способность ультразвуковых колебаний распространяться в контролируемых изделиях и отражаться от внутренних дефектов. Принимаемый сигнал усиливается, после чего преобразуется в цифровую форму, обрабатывается микропроцессором и в графическом виде отображается на экране. Изучение конструкции УЗД показало, что прибор можно подключить к персональному компьютеру (далее ПК) посредством имеющегося в верхней части прибора разъема USB. Минимальные требования к ПК приведены в таблице №2.

Таблица № 2

Требования к ПК для работы с УЗД UCD-50 IPS

№п/п	Компоненты	Значения
1	Процессор	Процессор с частотой 1 ГГц
2	ОЗУ	1 ГБ для 32-разрядных систем или 2 ГБ для 64-разрядных систем
3	Место на жестком диске	16 ГБ для 32-разрядных систем или 32 ГБ для 64-разрядных систем
4	Видеоадаптер	DirectX 9 или более поздней версии
5	Дисплей	800 x 600
6	Интернет-соединение	Для загрузки драйвера требуется подключение к Интернету

Для работы необходимо установить программное обеспечение (далее ПО) «Logger», на ПК, которое идет в комплектации с УЗД. К достоинствам «Logger» можно отнести простоту интерфейса, наглядность, а также возможность загружать и удалять настройки пьезоэлектрического преобразователя (далее ПЭП) (ГОСТ Р 55725-2013) в УЗД и отправлять на печать сформированный протокол контроля.

Методика автоматизированного контроля дефектов

Выполнить контроль СШ можно классическим методом (далее КМ) без использования ПК (ГОСТ Р 50.05.02-2018), а также в автоматизированном режиме с его применением. Контроль без использования ПК требует большего времени на анализ графики и заложенных в УЗД настроек, что делает оценку соответствия объекта контроля (далее ОК) нормативной документации более длительной.

Рассмотрим методику автоматизированного контроля СШ при помощи ПК. Для использования УЗД в автоматическом режиме его необходимо

подключить к ПК с установленным ПО «Logger». Методика автоматизированного контроля включает в себя следующие этапы:

- Изучение ОК и подготовка к контролю;
- Выбор необходимого ПЭП и технологической карты контроля;
- Загрузка настройки ПЭП в УЗД при помощи ПК;
- Калибровка УЗД;
- Настройка на браковочный и поисковый уровни;
- Проведение контроля;
- Оформление протокола контроля при помощи «Logger» и последующий анализ.

Для начальной работы необходимо загрузить настройки ПЭП из ПК. Далее приступаем к калибровке УЗД используя стандартный образец СО-2 (ГОСТ Р 55724-2013). Заходим в меню «Калибровка», выбираем пункт «Протектор по образцу», выставляем толщину образца, выбрав пункт «Образец» и нажимаем кнопку «Ввод» в пункте «Протектор по образцу» (Рис.1а, б). Далее ведем настройку поискового и браковочного уровней (ГОСТ Р 50.05.02-2018). А-зона настраивается на 50% экрана (поисковый уровень), Б-зона – на 25% экрана (браковочный уровень) (Рис.1в).

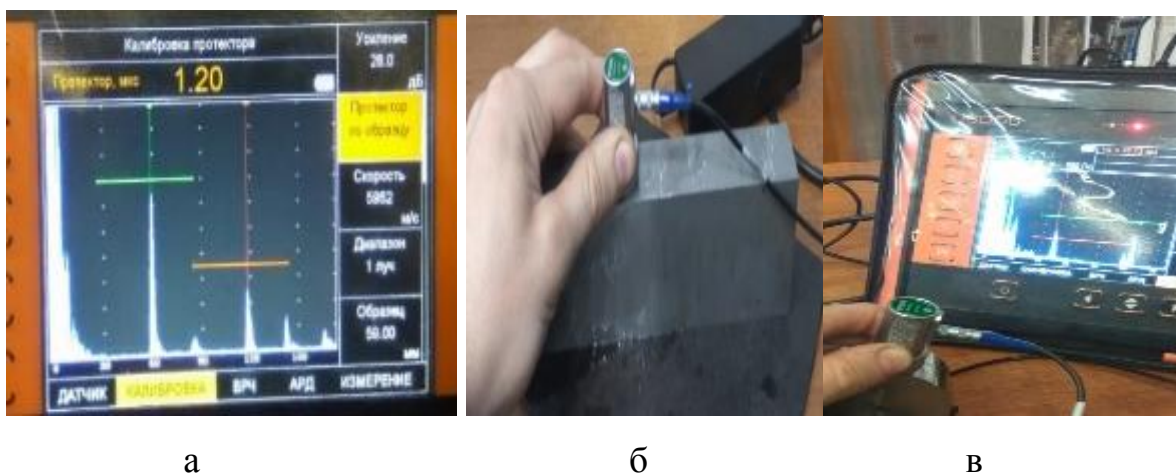


Рис. 1. - Калибровка УЗД и настройка на браковочный и поисковый уровни

Контроль СШ по методике автоматизированного контроля

Проводим действия по настройке УЗД (ГОСТ Р 55724-2013; ГОСТ Р 50.05.02-2018). Контролируемый СШ должен иметь необходимую шероховатость поверхности не более Ra 6,3 мкм (Rz40) [11]. Наносим контактную жидкость на СШ и со скоростью не более 150 мм/с начинаем сканирование (ГОСТ Р 50.05.02-2018) (Рис.2а). Далее сохраняем результаты контроля в память УЗД. Подключаем УЗД к ПК и формируем протокол контроля (Рис.2б) (ГОСТ Р 50.05.02-2018)

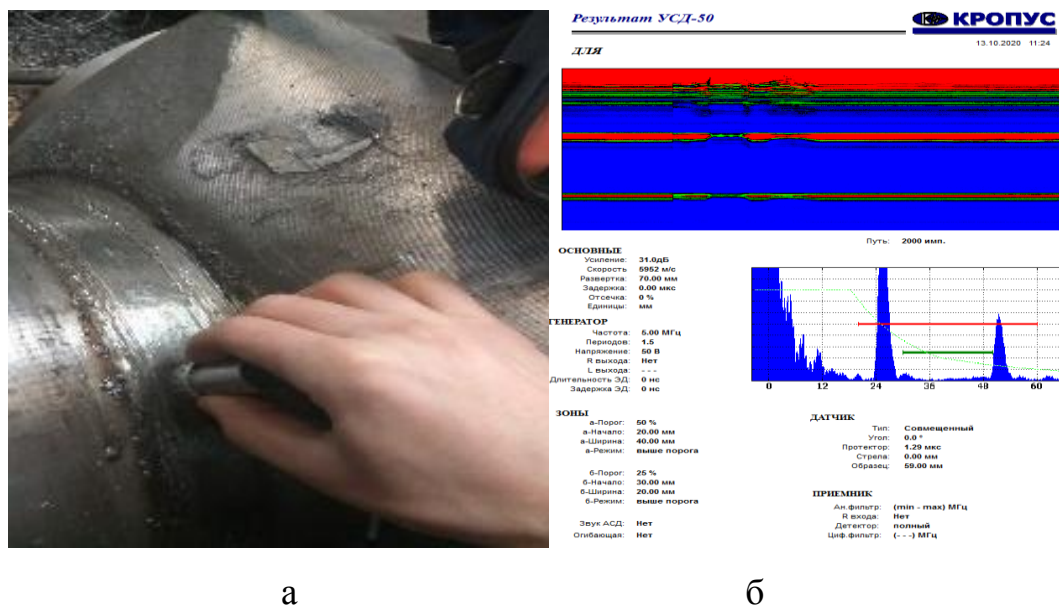


Рис. 2. - Сканирование СШ и форма протокола контроля

По обеим методикам были выполнены измерения, результаты сравнительного анализа отражен в таблице № 3.

Таблица № 3

Сравнительный анализ методик проведения УЗК

№п\п	Критерии	Методика без использования	Методика автоматизированного контроля с
п			

		ния ПК	использованием ПК
1	Сокращение временных затрат на настройку УЗД	-	+
2	Анализ данных с учетом параметров настройки и графических данных, формирование содержательного протокола контроля и последующая печать	-	+
3	Передача информации	-	+

Из таблицы №3 видно, что методика автоматизированного контроля с использованием ПК имеет преимущества перед КМ без использования ПК. Методика автоматизированного контроля открывает более широкие возможности по хранению и передаче информации, сокращает общее время контроля за счет возможности загрузки различных настроек для разных ПЭП, делает работу более удобной и наглядной для анализа дефектов специалистам 2 и 3 уровней, а также заинтересованным лицам. Используя методику автоматизированного контроля, мы имеем возможность сформировать и распечатать содержательный протокол контроля и при необходимости дополнить его изображениями.

Дальнейшие пути автоматизации

Разработка методики автоматизированного контроля для работы с дополнительным оборудованием в режиме дифракционно-временного метода ToFD (еще не изучена), которая в свою очередь является альтернативой, а в



иных случаях и полностью заменой радиационного контроля (далее РК) [12] и КМ и имела бы перед ним следующий ряд преимуществ:

- Быструю настройку оборудования и анализ результатов контроля;
- Высокую вероятность обнаружения дефекта, не зависимо от его ориентации в СШ;
- Воспроизводимость результатов многократных измерений;
- Безопасность для оператора;
- Наименьшую стоимость дополнительного оборудования.

Заключение

1. Большое разнообразие типов дефектов металла сварных швов трубопроводной арматуры, а также сильное влияние качества шва на эксплуатационные свойства будущих изделий требуют выполнения специальных операций технического контроля.

2. Анализ известных методов и средств контроля сварных швов показал, что для оценки качества шва трубопроводной арматуры наилучшим образом подходит ультразвуковой контроль.

3. Выявлено, что в конструкции дефектоскопа UCD-50 IPS заложена возможность его применения совместно с компьютером. Это возможность автоматизировать процедуру контроля.

4. Для проверки выдвинутой гипотезы была написана методика автоматизированного контроля. Сравнительный анализ результатов контроля по разработанной методике с результатами, полученными с использованием классической методики, показал, что предлагаемая процедура обладает рядом преимуществ.

5. Предложены дальнейшие направления модернизации методики контроля сварных швов, которые позволят повысить уровень автоматизации измерений.

Литература

1. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении. Санкт Петербург: СВЕИ, 2014. 312 с.
2. Schmerr Jr., Lester W. Fundamentals of Ultrasonic Nondestructive Evaluation. Switzerland: Springer, 2016. 758 p.
3. Michael Berke Nondestructive Material Testing with Ultrasonics // NDT.net Journal. 2000. №9. URL:ndt.net/article/v05n09/berke/berke1.htm.
4. Коновалов Н.Н. Достоверность ультразвукового контроля сварных соединений с конструктивными несплошностями // Дефектоскопия. 2004. №1. URL:elibrary.ru/item.asp?id=17854648.
5. Литвинова Т.А., Могилевский Д.В., Мецлер А.А., Егоров С.Н., Подрезов Н.Н. Технология ультразвукового контроля технологических трубопроводов атомного реактора // Инженерный вестник Дона. 2014. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2240.
6. Угольков А.В. Применение многоэлементных преобразователей при скоростной ультразвуковой дефектоскопии рельсов железнодорожного пути // Инженерный вестник Дона. 2013. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1579.
7. Ключев В.В. Визуальный и измерительный контроль. Москва: Машиностроение, 2008. 323 с.
8. Глазков Ю.А. Капиллярный контроль. Москва: Спектр, 2013. 144 с.
9. Ключев В.В. Ультразвуковой контроль. Москва: Машиностроение, 2004. 864 с.



10. Бавыкин О.Б. Автоматизация метрологического обеспечения на стадии производства продукции // Инженерный вестник Дона. 2016. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3767.
11. Бавыкин О.Б., Кривоzubова Е.В. Автоматизация измерений параметров шероховатости поверхности // Инженерный вестник Дона. 2019. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5727.
12. Ключев В.В. Радиационный контроль. Москва: Машиностроение, 2008. 237с.

References

1. Kretov E.F. Ul'trazvukovaja defektoskopija v jenergomashinostroenii [Ultrasonic flaw detection in power engineering]. Sankt Peterburg: SVEN, 2014. 312 p.
 2. Schmerr Jr., Lester W. Fundamentals of Ultrasonic Nondestructive Evaluation. Switzerland: Springer, 2016. 758 p.
 3. Michael Berke. NDT.net Journal, 2000. №9. URL: ndt.net/article/v05n09/berke/berke1.htm.
 4. Konovalov N.N. Defektoskopija, 2004. №1. URL: elibrary.ru/item.asp?id=17854648.
 5. Litvinova T.A., Mogilevskij D.V., Mecler A.A., Egorov S.N., Podrezov N.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2240.
 6. Ugol'kov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1579.
-



7. Kljuev V.V. Vizual'nyj i izmeritel'nyj kontrol' [Visual and measurement control]. Moskva: Mashinostroenie, 2008. 323 p.
8. Glazkov Ju.A. Kapilljarnyj kontrol' [Liquid penetrant inspection]. Moskva: Spektr, 2013.144 p.
9. Kljuev V.V. Ul'trazvukovoj kontrol' [Ultrasonic testing]. Moskva: Mashinostroenie, 2004. 864 p.
10. Bavykin O.B. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3767.
11. Bavykin O.B., Krivozubova E.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5727.
12. Kljuev V.V. Radiacionnyj kontrol' [Radiation control]. Moskva: Mashinostroenie, 2008. 237 p.