

# Автоматизированное обнаружение дефектов сварочных швов

*Александр Магдин, Алексей Припадчев, Александр Горбунов, Александр Михайлов*

**В данной исследовательской работе предложены некоторые методы модернизации контроля дефектов (далее – трещина), которые могут предотвращать появление брака в сварных швах, а также показаны положительные и отрицательные стороны предложенного метода контроля, влияние автоматизации производства на эффективность качества сварных продуктов и роль автоматизированной системы управления технологическим процессом в производстве.**

## Введение

Условия, возникающие вследствие образования шва, указывают на деформацию шва (рис. 1), к примеру, это нагревание, остывание, внутреннее напряжение и т.д.

По размещению сварные трещины делятся на несколько видов:

- в самом шве: продольные – зачастую длинные (1); поперечные – обычно короткие (3);
- в околошовной зоне: продольные – тонкие и длинные (2); поперечные (4);
- внутри материала – поперечные (обычно короткие) (5).

Трещины бывают горячие и холодные – тип трещины зависит от температуры, при которой происходила сварка. Например, горячие трещины появляются при температуре более

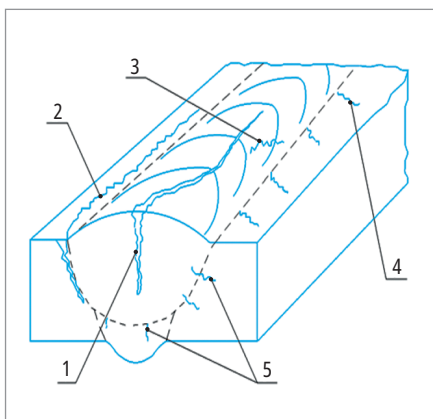


Рис. 1. Виды сварных швов

1000°C и располагаются вдоль границ структурных зерен, из-за оксидов они тёмные, а холодные трещины образуются при температуре до 120°C в основании шва и месте стыка валика и металла, излом имеет светлый оттенок, в отличие от горячих трещин.

Наиболее трудным фактором считается выявление внутренних трещин, так как протяжённость этих трещин может быть небольшой, и зачастую они могут образовываться как на поверхности, так и внутри металла.

С помощью внедрения автоматизации в производство можно исключить возможные варианты образования трещин посредством:

- 1) визуального обследования – происходит совместно с использованием увеличительных устройств;
- 2) цветной дефектоскопии;
- 3) магнитного метода – измерение искажения магнитных волн;
- 4) ультразвукового метода;
- 5) радиационного метода.

Автоматизация сварочных процессов предполагает за собой осуществление получения сварных швов и модернизацию способов обнаружения трещин на сварочных швах при оптимизированных технико-экономических показателях при отсутствии вмешательства человека.

Существуют устройства, которые работают без участия человека, они де-

лятся на два класса: сварочные автоматы и автоматические системы (регуляторы).

Автоматические системы могут изменять физические величины по заданным законам в технических приборах или процессе без участия оператора-сварщика или не изменять вовсе.

Авторы пришли к выводу, что внедрение автоматизации сварных процессов способствует улучшению качества продукции (снижение образования трещин), наиболее экономичному потреблению материала, а также возможности расширения производства.

Активно применяются методы контроля автоматизации, введённые в производство: магнитный, ультразвуковой, радиационный и т.д.

Например, радиационный метод позволяет определить дефекты небольшого размера, а ультразвуковой – наоборот. Практика доказывает, что определённый метод автоматизации позволяет более надёжно выявить качество сварного соединения и предотвращает образование дефектов.

Виды радиационного контроля:

- рентгеновская дефектоскопия (рентгеновские лучи);
- гамма-дефектоскопия (гамма-лучи). Недостатком является наименьшая чувствительность выявления дефектов в швах тоньше 50 мм.

Радиационный контроль позволяет осуществить следующие практические задачи.

1. Обнаружение дефектов в паяных соединениях.
2. Определение плотности сплавов.
3. Проведение контроля соответствия изделий нормативным требованиям.

Определить трещину в сварном шве возможно в случае, если течение рентгеновских проблесков сходится с течением её долевого плоскости. Контроль качества сварки и сварных конструкций при радиографическом методе может осуществляться при помощи рентгеновского оборудования, широкий выбор которого представлен на современном рынке.

Тем не менее дефекты сварных швов на полученных рентгеновских снимках проявляются в виде тёмных пятен. То есть, проходя через снимки, рентгеновские лучи теряют первоначальную интенсивность.

Исходя из всего этого, необходимо учесть некоторые аспекты:

- рентгеновский контроль не применяется при наличии жидкой среды в резервуаре;

- во время контроля необходимо приостановить производственный процесс и освободить площадку от посторонних людей;

- рентгеновский контроль осуществляется только при двустороннем доступе к исследуемому объекту.

Рентгенографический неразрушающий контроль проводится для того, чтобы:

- определить качественно-количественную оценку всех видов дефектов, определяя степень угрозы этих дефектов;

- установить соответствие объекта обследования требованиям нормативно-технической документации;

- обеспечить безопасную эксплуатацию ответственных трубопроводов и предотвратить вероятные аварии.

Недостатки радиационного метода:

- 1) вред для здоровья человека (облучение);

- 2) плохо выявляются дефекты, находящиеся под углом от 7 до 12°.

Ультразвуковой контроль сварных швов позволяет выявить дефекты путём использования ультразвука. Эта методика даёт более точные результа-

ты, чем рентген-дефектоскопия. При ультразвуковом контроле в предмет излучают звуковые колебания, а отражённые волны фиксирует дефектоскоп с пьезоэлектрическим преобразователем. Согласно их амплитуде можно утверждать о наличии отклонений и узнать их форму, размеры и тип.

УЗК наиболее востребован для контроля прочности стыковых сварных соединений. Кроме этого, он достаточно часто используется в процессе строительства или реконструкции жилых домов и зданий коммерческого назначения. С помощью этого метода можно проверить пластик, стекловолокно и т.д. Активно применяется в авиационной, химической промышленности и т.д.

Плюсы УЗК заключаются в низкой себестоимости, работе в полевых условиях, целостности детали. Аппаратура, предназначенная для ультразвукового контроля, включает в себя пьезоэлектрические преобразователи, электронный блок и вспомогательные устройства.

Положительным фактором УЗК является способность совершенно точно



## РОССИЙСКИЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

От разработчиков отечественных средств автоматизации —  
Advantix, FASTWEL и МПС Софт

### Преимущества:

- Специально разработанные изделия
- Интеграция с MasterSCADA
- Готовые конфигурации IS-MSCADA-A5/AL – для систем до 1000 тегов, IS-MSCADA-C5/AL – для систем без ограничений



**PROSOFT®**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636  
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU

Реклама

определять отличие данных типов дефектов друг от друга, что гарантирует надёжность данного метода.

## Предполагаемое решение

Предлагаемая авторами концепция модернизации уже существующего способа обнаружения и распознавания дефектов на основе индикаций ультразвуковой томографии выглядит следующим образом: начальными данными с целью выполнения количественной оценки дефектов сварных соединений считаются трёхмерные воксельные данные, получаемые вследствие перестройки изображения объёма сварного шва по методу DFA.

Каждый элемент объёма характеризуется отражающей или рассеивающей способностью эквивалентной интенсивности эхо-сигналов от заданного элемента объёма. Итак, в результате процедуры реконструкции за счёт положительной интерференции амплитуд эхо-сигналов происходит когерентное накопление совпадающих по фазе значений в элементах объёма, содержащих несплошности.

Разрешающая способность ультразвуковой томографии ограничена длиной волны ультразвука, поэтому несплошности, расположенные на расстоянии менее длины волны друг от друга, будут отображены как одна индикация, а геометрическая неточность при определении пространственных размеров дефектов может равняться длине волны ультразвуковых колеба-



Рис. 2. Лабораторная установка для УЗК по методу DFA для контактного и бесконтактного контроля с трёхосевым манипулятором

ний. Особенности объекта контроля будут оказывать существенное влияние на предполагаемые результаты инспекции.

Так как УЗК является относительным методом, то для достоверной оценки важно предварительно получить информацию о представлении томографических индикаций в случае обнаружения определённого типа несплошностей.

Обработка и хранение данных осуществляется при помощи персонального компьютера.

Лабораторная установка контроля представлена на рис. 2.

Чтобы осуществить различные варианты управления сварочных процессов и оборудования, существует большое число типов архитектурных аппаратных средств:

- контроллеры автономные – спецоборудование общего применения (автоматы и полуавтоматы для дуговой сварки и т.д.);
- линейные и системные – системы технического управления с распределённой вычислительной мощностью и распределённой конструкцией в качестве локального регулятора (концепции управления установками, робототехникой).

Автоматизация сварных процессов сопровождается действительным повышением производительности и экономии рабочей силы.

## Заключение

Подводя итог работы, можно сделать следующие выводы, относящиеся к внедрению автоматизации управления технологическим процессом и модернизации способов обнаружения трещин на сварочных швах.

1. Главной частью методики УЗК является определение подходящих параметров метода и аппаратуры для проведения эффективного сканирования посредством ультразвуковой томографии. Её реализация достигается путём расчёта и обоснования каждого из параметров, потенциально влияющих на результаты сканирования.
2. Автоматизированная система управления технологическим процессом предполагает такие важные достоинства, как: экономия сырья и рабочей силы, улучшение качества изготавливаемого продукта, обеспечение защиты здоровья человека, а также научно-технический прогресс. ●

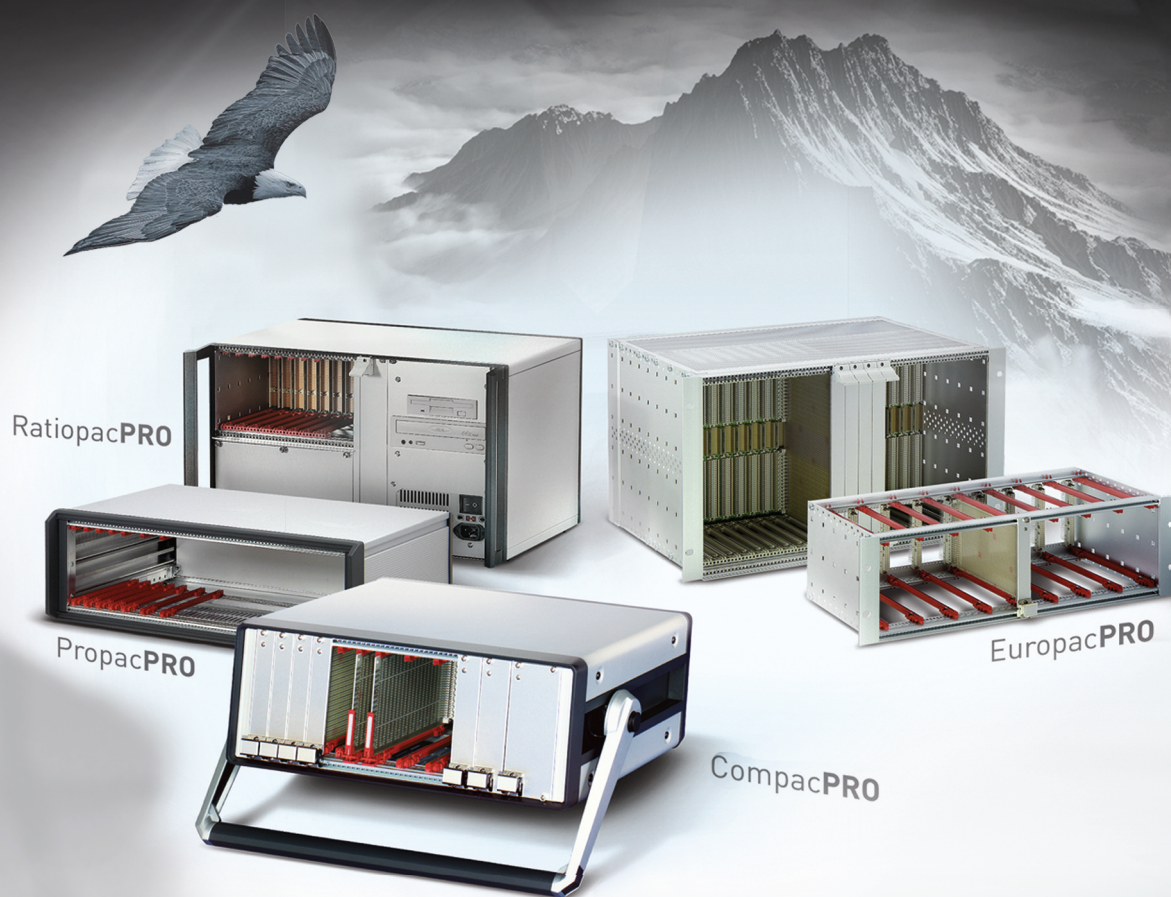
## Литература

1. Дефектация сварных швов и контроль качества сварных соединений: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.В. Овчинников. 3-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2017. 224 с.
2. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Контроль качества сварочных работ: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1986. 206 с.
3. Троицкий В.А., Радько В.П., Овчинников В.К. Дефекты сварных соединений и средства их обнаружения. М.: Изд-во МГИУ, 2006. 164 с.
4. Чернышов Г.Г. Сварочное дело: Сварка и резка металлов: учебник. 7-е изд., стер. М.: Изд. центр «Академия», 2012. 496 с.
5. Контроль качества сварки / под ред. В.Н. Волченко. М.: Машиностроение, 1975. 328 с.
6. Щербинский В.Г., Алёшин Н.П. Ультразвуковой контроль сварных соединений. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2000. 496 с.
7. Михайлов А.М., Бауман Б.В. [и др.] / под общ. ред. А.В. Курдюмова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 272 с.
8. Введение в основы сварки: учебное пособие / В.И. Васильев, Д.П. Ильященко, Н.В. Павлов; Юргинский технологический институт. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 317 с.
9. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2 т. / под общ. ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. М.: Машиностроение, 2004. Т. 1. 624 с.
10. Теория сварочных процессов: учеб. для вузов по спец. «Оборуд. и технология сварочн. пр-ва» / В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.В. Винокуров [и др.]; под ред. В.В. Фролова. М.: Высш. шк., 1988. 559 с.
11. Хромченко Ф.А. Справочное пособие электросварщика. М.: Машиностроение, 2003. 416 с.
12. Разработка методики УЗК в целях обеспечения технологической безопасности объектов АЭ / В.В. Абрамец [и др.] // Инновации в атомной энергетике: сб. докладов конференции молодых специалистов (25–26 ноября 2015 г., Москва). М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2015. С. 608–621.
13. Количественная ультразвуковая оценка дефектов сварных соединений объектов атомной энергетики / Т.С. Твердохлебова [и др.] // Инновации в атомной энергетике: сб. докладов конференции молодых специалистов (25–26 ноября 2015 г., Москва). М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2015. С. 516–523.
14. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые: ГОСТ 14782-86. Взамен ГОСТ 22368-77; введ. 01.01.1988.

Авторы –  
сотрудники Оренбургского  
Государственного Университета



# Платформа EuropacPRO — евромеханика высокого полёта



## **PRO**грессивные блочные каркасы и приборные корпуса

- Безграничное разнообразие конфигураций из унифицированных компонентов
- Современный промышленный дизайн
- Высокая прочность и надёжность
- Доработка под индивидуальные требования

