

УДК 621.791

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, КАК ОДНОГО ИЗ ОСНОВНЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

**В.С. Киселёв<sup>1</sup>, М.В. Радченко<sup>1</sup>, Е.П. Пыхтин<sup>2</sup>, А.В. Селиванов<sup>3</sup>,  
Д.А. Селиванов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

<sup>2</sup>ООО «Нефтегазмонтаж», г. Барнаул

<sup>3</sup>ООО «Алтайтехносервис», г. Барнаул

В статье рассмотрен метод ультразвукового контроля (УЗК), объектами которого являются стыковые сварные швы, выполненные электродуговой сваркой, с толщиной металла от 4 до 50 мм из углеродистых и слаболегированных сталей при производстве опасных промышленных объектов.

**Ключевые слова:** Промышленная безопасность, методы ультразвукового контроля.

## **ANALYSIS METHODS FOR QUALITY CONTROL OF ULTRASOUND WELDS AS ONE FROM FUNDAMENTAL FOR INDUSTRIAL SAFETY OF PRODUCTION FACILITIES**

**V.S. Kiselev<sup>1</sup>, M.V. Radchenko<sup>1</sup>, E.P. Pihtin<sup>2</sup>, A.V. Selivanov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>The Altai state technical university of I.I. Polzunov, Barnaul

<sup>2</sup>LLC «Neftegazmontazh», Barnaul

<sup>3</sup>LLC «Altai`tekhnoservis», Barnaul

The article describes the method of ultrasonic inspection (USI), the objects of which are butt welds made by arc welding with metal thickness from 4 to 50 mm made of carbon steel and lightly doped in the production of hazardous industrial facilities.

**Keywords:** Industrial Safety, ultrasonic inspection methods.

Как известно, для обеспечения промышленной безопасности в области производства сварных соединений существует ряд методов контроля качества, среди которых основное место занимает ультразвуковой контроль (УЗК). При этом существуют требования дефектоскопичности:

- соотношение ширины валика усиления и толщины в стыковом соединении обеспечивает возможность прозвучивания сечения шва акустической осью ультразвукового луча (условия прозвучивания сечения стыковых швов акустической осью приведены в таблице 3.1);

- отношение высоты и ширины валиков усиления стыкового шва не более 0,2;

- имеется свободный доступ к околошовной зоне (зоне контроля) контролируемого участка шва с обеих сторон одной плоскости

(как исключение - с одной стороны) - для стыкового соединения;

- отсутствуют или удалены механической обработкой подрезы, не удовлетворяющие требованиям нормативно-технических документов (НТД) на объект контроля.

УЗК используют в большинстве групп опасных технических устройств, таких как нефтегазодобывающее оборудование (НГДО), оборудование химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих и взрывопожароопасных производств (ОХНВП), строительные конструкции (СК).

К дефектам, подлежащим выявлению относятся следующие: трещины, непровары, поры, шлаковые включения и др.). При этом допуски по технологическим дефектам швов сварных соединений строительных металлоконструкций должны соответствовать НТД на определенный объект.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, КАК ОДНОГО ИЗ ОСНОВНЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Из большого многообразия методов акустического контроля, для контроля сварных швов рассматриваемых строительных конструкций применяют эхо-метод, теневой метод, зеркально-теневой метод, эхо-зеркальный метод, дельта-метод.

Наиболее достоверные результаты получают, если применяют стандартный образец предприятия (СОП) с реальными дефектами. Применение СОП с искусственными дефектами, имитирующими трещины, может привести к ложным результатам. Это связано с тем, что искусственные дефекты имеют с торца сравнительно большую отражающую поверхность, поэтому процессы рассеяния УЗ-колебаний от искусственных дефектов могут резко отличаться от реальной картины рассеяния.

При любом из перечисленных методов контроля возможно, а иногда и необходимо применять два пьезоэлектрический преобразователя (ПЭП), один из которых выполняет функции излучателя, другой - приемника. Такая схема включения называется раздельной. Когда используется один ПЭП, то в этом случае он выполняет функции излучения зондирующих импульсов и приема эхо-сигналов и такая схема называется совмещенной. При эхо-зеркальном методе ПЭП включены по совмещенной схеме, а также принимают сигналы по раздельной схеме.

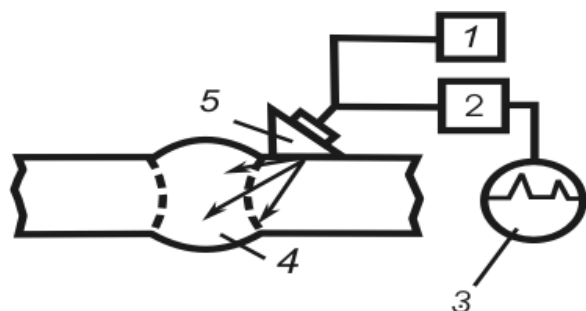


Рисунок 1 - Контроль эхо-методом: 1-генератор; 2-усилитель; 3-индикатор; 4-объект контроля (шов); 5-преобразователь

Эхо-метод (рисунок 1.) основан на регистрации эхо-сигнала, отраженного от дефекта. Кроме преимущества одностороннего доступа он также имеет наибольшую чувствительность к выявлению внутренних дефектов, высокую точность определения координат дефектов. К недостаткам метода следует отнести прежде всего низкую помехоустойчивость к наружным отражателям, резкую зависимость амплитуды сигнала от ориентации дефекта. Этим методом контролируют около 90

% всех сварных соединений толщиной 4 мм и более.

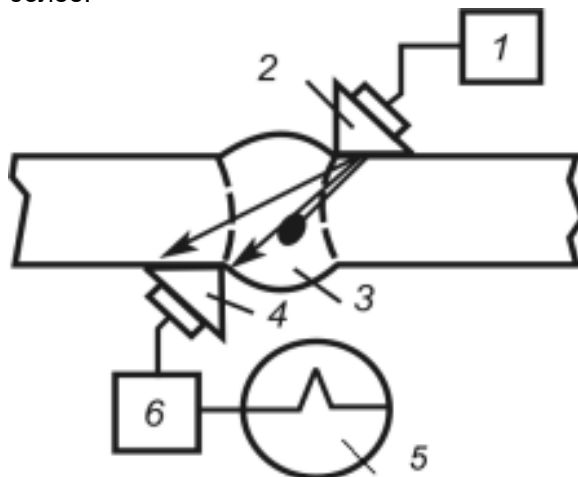


Рисунок 2 - Контроль теневым методом: 1 - генератор; 2,4 - ПЭП; 3 - шов; 5 - ЭЛТ; 6 – усилитель

Теневым методом (рисунок 2) При теневом методе контроля о наличии дефекта судят по уменьшению амплитуды УЗ-колебаний, прошедших от излучателя к приемнику. Чем больше размер дефекта, тем меньше амплитуда прошедшего сигнала. Излучатель и приемник ультразвука располагают при этом соосно на противоположных поверхностях изделия. Теневым методом можно применять только при двустороннем доступе к изделию. При ручном контроле этим методом можно контролировать сварные швы ограниченного сечения небольшой толщины. Недостатками метода являются сложность ориентации ПЭП относительно центральных лучей диаграммы направленности, невозможность точной оценки координат дефектов и более низкая чувствительность (в 10...20 раз) по сравнению с эхо-методом. К преимуществам следует отнести низкую зависимость амплитуды сигнала от ориентации дефекта, высокую помехоустойчивость и отсутствие мертвой зоны. Благодаря первому преимуществу этим методом уверенно обнаруживаются наклонные дефекты, не дающие прямого отражения при эхо-методе.

Зеркально-теневым методом (рисунок 3). При зеркально-теневом методе признаком обнаружения дефекта служит ослабление амплитуды сигнала, отраженного от противоположной поверхности (ее обычно называют донной поверхностью) изделия. Дополнительным преимуществом этого метода по сравнению с теневым являются односторонний доступ и более уверенное обнаружение дефектов, расположенных в корне шва. Оба

эти метода нашли широкое применение при контроле сварных стыков арматуры.

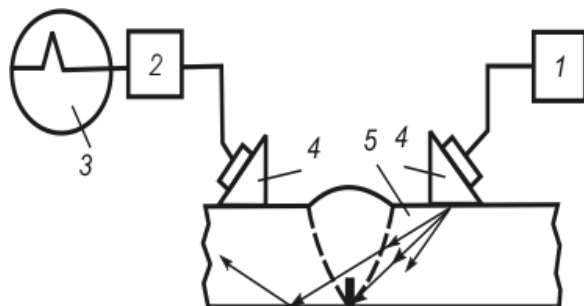


Рисунок 3 - Контроль зеркально-теньевым методом:

1 - генератор; 2 - усилитель; 3 - ЭЛТ; 4 - ПЭП; 5 - шов

Эхо-зеркальный метод (рисунок 4) — наиболее достоверен при обнаружении плоскостных вертикально ориентированных дефектов. Он реализуется при прозвучивании шва двумя ПЭП, которые перемещаются по поверхности околошовной зоны с одной стороны шва таким образом, чтобы фиксировать одним ПЭП сигнал, излученный другим ПЭП и дважды отразившийся от дефекта и противоположной поверхности изделия. Этим методом контролируют изделия с эквидистантными поверхностями, а если их толщина менее 40 мм, то необходимы специальные ПЭП.

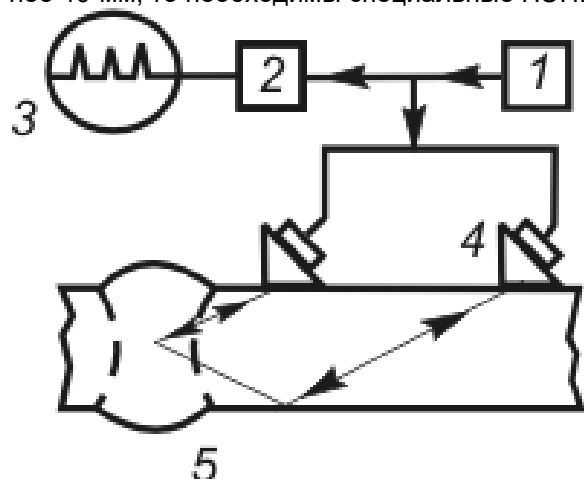


Рисунок 4 - Контроль эхо-зеркальным методом:

1 - генератор; 2 — усилитель; 3 — ЭЛТ; 4 - ПЭП; 5 - шов

Одно из основных преимуществ метода - возможность оценки формы дефектов разме-

ром 3 мм и более, которые отклонены в вертикальной плоскости не более чем на  $10^\circ$ . При оценке формы дефектов необходимым условием является использование ПЭП одинаковой чувствительности. Метод нашел широкое применение при контроле толстостенных изделий, когда требуется высокая надежность обнаружения вертикально-ориентированных плоскостных дефектов, а также при арбитражных оценках.

Дельта-метод (рисунок 5) Здесь используется ультразвуковая энергия, переизлученная дефектом. Падающая на дефект поперечная волна частично отражается зеркально, частично трансформируется в продольную, а частично переизлучает дифрагированную волну. Трансформированная продольная волна распространяется нормально к нижней поверхности, отражается от нее и улавливается прямым ПЭП. Этим же ПЭП будет улавливаться компонента продольной дифрагированной волны, срывающейся с верхнего кончика трещины и распространяющейся вертикально вверх. К недостаткам метода следует отнести необходимость зачистки шва, сложность расшифровки принятых сигналов при контроле соединений толщиной 15 мм и менее, трудности при настройке чувствительности и оценке величины дефектов.

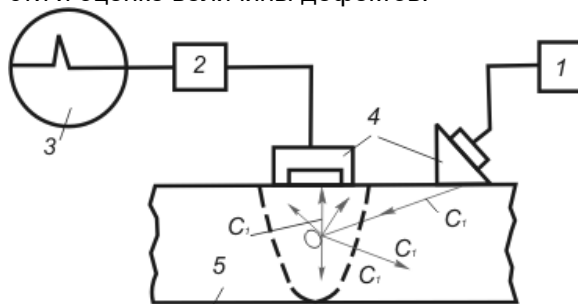


Рисунок 5 - Контроль дельта-методом:  
1-генератор; 2-усилитель; 3-ЭЛТ; 4-ПЭП;  
5-шов

Достаточно часто в практике контроля качества выбирают эхо-метод УЗК, т.к. он является самым простым в реализации, имеет высокую точность, им контролируют около 90 % всех сварных соединений.

Таким образом, проведенный анализ показывает многообразие, и самое главное, практическую значимость использования методов ультразвукового контроля для оценки качества сварных соединений при производстве опасных промышленных объектов, что является одной из основных составляющих промышленной безопасности.