

УДК 620.179.17

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОКРЫТИЕМ

© Г. М. Сучков¹, Ю. К. Тараненко², В. Н. Ерощенко³, Э. В. Мищанчук³

Статья поступила 1 июля 2015 г.

Предложена методика ультразвукового контроля сварных швов изделий с помощью контактных наклонных преобразователей без удаления защитного или декоративного покрытия. Она предусматривает оценку чувствительности и последующую ее корректировку с использованием стандартных образцов. При обнаружении дефекта в околошовной зоне дефектного участка сварного соединения оценивали изменение амплитуды донного сигнала по отношению к стандартному образцу с покрытием. По величине амплитуды эхо-сигнала, отраженного от дефекта, окончательно оценивали качество сварного шва. Методика позволяет существенно удешевить технологию контактного ультразвукового контроля.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль; сварной шов; защитное покрытие.

В современном производстве применяют различные способы сварки. Качество сварных соединений контролируют неразрушающими испытаниями с помощью радиационных, ультразвуковых, магнитных, электромагнитных и других методов. Как показывают исследования, оно может меняться в широких пределах и в некоторых случаях является недостаточным [1, 2].

Традиционный ультразвуковой контроль сварных швов с применением контактной жидкости обеспечивает необходимую достоверность обнаружения дефектов, но требует тщательной подготовки поверхности

объекта контроля (ОК). Защитные или декоративные покрытия должны быть удалены (затем восстановлены), что существенно удорожает процедуру контроля [3, 4]. Поэтому существует задача достоверной ультразвуковой оценки сварных соединений ОК без удаления покрытий.

При разработке методики использовали образцы из углеродистых и марганцовистых сталей толщиной 10 – 100 мм со сварными соединениями при полном проплавлении шва. В дальнейшем исследовали реальные промышленные объекты (корпуса судов, строительные конструкции, нефте- и газопроводы и др.), поверхность которых имела защиту от коррозионных поражений в виде слоя краски.

Измерения проводили на дефектоскопе УД4-Т с прямыми и наклонными пьезопреобразователями (ПЭП) продольных и сдвиговых волн (угол ввода

¹ НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина;
e-mail: suchkov_gm@mail.ru

² Государственный университет им. А. Нобеля, г. Днепропетровск, Украина.

³ ЧП ДДП, г. Николаев, Украина.

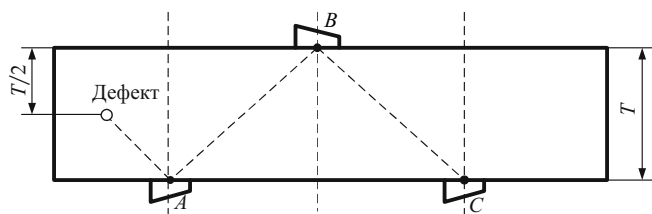


Рис. 1. Схема размещения ПЭП на поверхности СОП1 без покрытия при построении ДАС-кривой

$0 \pm 1,5$; $45 \pm 1,5$; $60 \pm 1,5$ и 70 ± 2 град., рабочая частота 2 – 5 МГц). Настройку выполняли на европейских стандартных образцах, аналогах СО-2 и СО-3 [5], и сертифицированном образце СОП1 (см. таблицу), который не имел внутренних дефектов и был изготовлен из того же материала, что и ОК. Помимо сертификата, подтверждающего марку материала, СОП1 должен быть обеспечен метрологическим свидетельством об акустических характеристиках материала и его геометрических размерах.

В СОП1 изготовили искусственный отражатель (модель дефекта, размеры которого установлены нормативно-технической документацией) в виде бокового цилиндрического сверления. Время развертки дефектоскопа выбирали таким, чтобы перекрыть минимум 1,25 зоны сканирования S . Необходимый размер зоны сканирования S вычисляли следующим образом: $S = 2T \operatorname{tg} \alpha$, где T — толщина ОК; α — угол ввода ультразвуковых лучей наклонным ПЭП.

По стандартной методике, используя СОП1 с дефектом заданного размера, строили ДАС-кривую, показывающую уменьшение амплитуды акустических импульсов с ростом расстояния от дефекта. Схема размещения ПЭП при построении ДАС-кривой приведена на рис. 1.

Перемещая наклонные ПЭП, фиксировали максимумы амплитуд эхо-сигналов (позиции A , B и C), отраженных от отверстия (дефекта). Регулятором усиления (аттенуатором) дефектоскопа амплитуду эхо-сигнала по позиции A устанавливали так, чтобы она составляла 75 % полной высоты экрана (ПВЭ) — первичное усиление. Измеренные максимумы амплитуд принятых эхо-сигналов (позиции A , B и C) определяли ДАС-кривую (рис. 2) (изображения отраженных эхо-сигналов на экране дефектоскопа не показываются). Таким образом, полученные точки располагались на заданной длине развертки, охватывая необходимую область сканирования.

Первую точку (позиция A) ДАС-кривой выбирают так, чтобы расстояние от точки ввода луча до дефекта было не менее $0,6N$ (N — длина стрелы ПЭП). После создания ДАС-кривой две дополнительные кривые (20 и 50 %) формируются на экране прибора автоматически. Если дефектоскоп оснащен временной регулировкой чувствительности, то амплитуду эхо-сигнала, отраженного от сверления, можно настроить до 75 % ПВЭ по всем контролируемым диапазонам. В этом

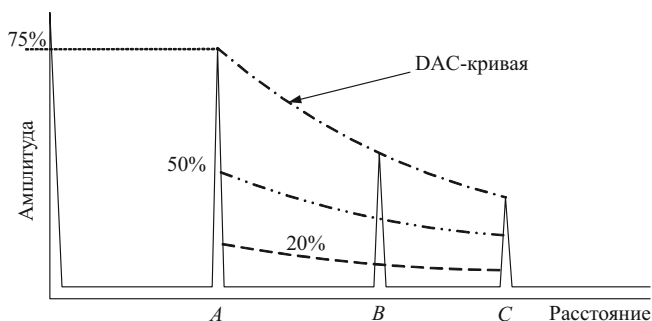


Рис. 2. Формирование ДАС-кривых с использованием СОП1 по схеме рис. 1

случае ДАС-кривая будет иметь вид горизонтальной линии по всей длине временной развертки экрана дефектоскопа.

Поскольку чувствительность контроля зависит от характеристик материала, его толщины и свойств покрытия, после построения ДАС-кривых проводят коррекцию чувствительности с помощью стандартных образцов СОП2 и СОП3 [6]. СОП2 изготавливают из того же материала, что и изделие, подлежащее контролю, и той же толщины. СОП3 отличается от СОП2 нанесенным на поверхность покрытием. Для коррекции чувствительности, обусловленной покрытием, на СОП2 размещают два наклонных ПЭП (первый — излучатель, второй — приемник) с углом ввода ультразвуковых лучей, соответствующим применяемому для контроля. Перемещая ПЭП, находят максимальную амплитуду принятого эхо-сигнала. После этого те же ПЭП располагают на СОП3 и повторяют операцию.

Если разница между измерениями амплитуд эхо-сигналов на СОП2 и СОП3 не превышает 2 дБ, то корректировку чувствительности не проводят. Если разница находится в интервале 2 – 12 дБ, то чувствительность корректируют (увеличивают). При превышении 12 дБ контроль без удаления защитного покрытия не осуществляют.

Корректировку чувствительности целесообразно проводить в лабораторных условиях, а полученные результаты заносить в память дефектоскопа.

Контроль сварного шва ОК выполняли в два этапа.

На первом этапе с помощью прямого ПЭП сканировали околошовную зону ($1,25S$) для выявления внутренних дефектов и отслоений лакокрасочного покрытия в пределах перемещения наклонного ПЭП [5].

Если в околошовной зоне имеются локальные участки отслоения покрытия или в металле присутствуют

Требования к СОП1

Толщина t контролируемого объема материала, мм	Толщина T образца, мм	Диаметр бокового сверления, мм	Расстояние от сверления до поверхности образца, мм
$10 < t \leq 50$	40	$3 \pm 0,2$	20 и 10
$50 < t \leq 100$	75		37,5 и 18,25

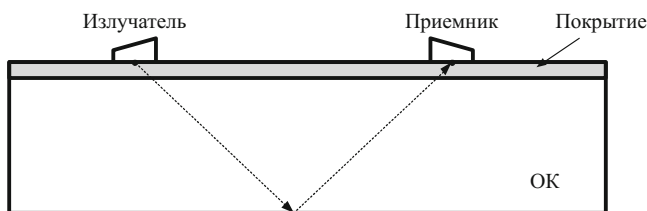


Рис. 3. Схема расположения наклонных ПЭП в околошовной зоне при обнаружении дефекта в сварном шве с покрытием (дополнительная корректировка)

внутренние дефекты, то ввести ультразвуковые лучи в объем сварного соединения невозможно. В этом случае контроль проводят традиционным ультразвуковым методом (с удалением покрытия). При наличии внутренних дефектов ОК подлежит ремонту или браковке.

На втором этапе при отсутствии отслоений или внутренних дефектов в околошовной зоне выполняли контроль сварного шва наклонными ПЭП. При обнаружении в сварном соединении дефекта вблизи места его расположения в околошовной зоне измеряли амплитуду ультразвукового эхо-сигнала по схеме, представленной на рис. 3.

Если полученная разница амплитуд отличается от ранее определенного значения (на СОПЗ), то необходима дополнительная корректировка чувствительности для учета влияния покрытия и материала изделия непосредственно вблизи контролируемой зоны. Кроме того, это также повышает достоверность результатов. После дополнительной корректировки проводят окончательную оценку качества ОК по величине амплитуды ультразвукового эхо-сигнала, отраженного от дефекта.

Таким образом, алгоритм реализации методики следующий: 1) построение ДАС-кривой с помощью СОП1; 2) корректировка чувствительности с помощью СОП2 и СОП3; 3) сканирование околошовной зоны прямым ПЭП для выявления отслоения покрытия или внутреннего дефекта; 4) при наличии отслоения или внутреннего дефекта контроль традиционным методом (с локальной зачисткой покрытия) или, соответственно, отправка ОК на ремонт или в брак; 5) при отсутствии отслоения или внутреннего дефекта в околошовной зоне контроль сварного шва без удаления покрытия. При обнаружении дефекта сварного шва измерение амплитуды сигналов в околошовной зоне, сопоставление полученного результата с ранее установленным на СОПЗ. При наличии разницы дополнительная корректировка чувствительности и окончательная оценка качества сварного соединения.

Предложенную методику использовали при дефектоскопии сварных швов корпусов и элементов судов на Николаевском судостроительном заводе «Океан» (Украина) [7], а также при контроле газопроводов. Практическая реализация методики показала, что по достоверности результатов она не уступает традиционной — с зачисткой поверхности перед измерения-

ми. Кроме того, использование в промышленности методики ультразвукового контроля сварных швов без удаления защитного или декоративного покрытия существенно сокращает затраты на исследование поверхности изделий и объектов за счет экономии времени и материальных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермолов И. Н., Ланге Ю. В. Неразрушающий контроль: справочник. В 7 т. Ультразвуковой контроль. — М.: Машиностроение, 2004. — 864 с.
2. Васенев Ю. Г., Ступаченко С. Г. Способы повышения эффективности контроля газонефтепроводов с использованием технических возможностей дефектоскопов компании SONATEST / Контроль. Диагностика. 2009. № 5. С. 50 – 54.
3. Сучков Г. М., Петрищев О. Н., Глоба С. Н. Теория и практика электромагнитно-акустического контроля. Ч. 4. Исследования возможностей ультразвукового контроля ЭМА-способом: монография. — Харьков: НТУ «ХП», 2015. — 136 с.
4. Судакова К. В., Казюкевич И. Л. О повышении эффективности контроля качества металлургической продукции / В мире неразрушающего контроля. 2004. № 3. С. 8 – 10.
5. ГОСТ 14782–86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. — М.: Стандартинформ, 2001. — 27 с.
6. Сучков Г. М., Ноздрачова К. Л., Мишанчук Е. В., Ерошников В. М. Прилади і методи акустичного контролю. — Харків: НТУ «ХП», 2011. — 220 с.
7. Ерошников В. Н., Мишанчук Э. В., Сучков Г. М., Глоба С. Н., Ноздрачова Е. Л., Петрищев О. Н., Хомяк Ю. В., Хащина С. В., Маслова М. С., Чередниченко И. В., Федоров В. В. Совершенствование методов и средств ультразвукового контроля изделий / Материалы 19-й международной конференции «Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики». Гурzuf. 2011.

REFERENCES

1. Ermolov I. N., Lange Yu. V. Nerazrushayushchii kontrol': spravochnik. V 7 t. Ul'trazvukovoi kontrol' [Non-destructive testing: reference. In 7 vols. Ultrasound testing]. — Moscow: Mashinostroenie, 2004. — 864 p. [in Russian].
2. Vasenev Yu. G., Stupachenko S. G. Sposoby povysheniya éffektivnosti kontrolya gazonefteprovodov s ispol'zovaniem tekhnicheskikh vozmozhnostei defektoskopov kompanii SONATEST [Methods improve the monitoring gas and oil pipelines using the technical capabilities of SONATEST defectoscopes] / Kontrol'. Diagnostika. 2009. N 5. P. 50 – 54 [in Russian].
3. Suchkov G. M., Petrishchev O. N., Globa S. N. Teoriya i praktika élektromagnitno-akusticheskogo kontrolya. Ch. 4. Issledovaniya vozmozhnostei ul'trazvukovogo kontrolya ÉMA-sposobom: monografiya [Theory and practice of electromagnetic-acoustic testing. Part 4 Research possibilities ultrasonic testing method EMA]. — Khar'kov: NTU "KhPI," 2015. — 136 p. [in Russian].
4. Sudakova K. V., Kazyukevich I. L. O povyshenii éffektivnosti kontrolya kachestva metallurgicheskoi produktsii [On increasing the effectiveness of the quality control of metallurgical products] / V Mire Nerazrush. Kontr. 2004. N 3. P. 8 – 10 [in Russian].
5. State Standard GOST 14782–86. Kontrol' nerazrushayushchii. Soedineniya svarnye. Metody ul'trazvukovye [Non-destructive testing. Welded joints. ultrasonic methods]. — Moscow: Standartinform, 2001. — 27 p. [in Russian].
6. Suchkov G. M., Nozdrachova K. L., M'shchanchuk E. V., Eroshchenkov V. M. Priлади і методи акустичного контролю [Devices and methods of acoustic testing]. — Khark'v: NTU «KhP», 2011. — 220 p. [in Ukrainian].
7. Eroshchenkov V. N., Mishchanchuk É. V., Suchkov G. M., Globa S. N., Nozdrachova E. L., Petrishchev O. N., Khomyak Yu. V., Khashchina S. V., Maslova M. S., Cherednichenko I. V., Fedorov V. V. Sovershenstvovanie metodov i sredstv ul'trazvukovogo kontrolya izdelii [Improving of methods and means of the ultrasonic testing products] / Proc. of the Int. Conf. «Modern methods and means of nondestructive testing and technical diagnostics. Gurfuf. 2011 [in Russian].