

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ОЦЕНКИ ГЛУБИНЫ НЕПРОВАРА СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПО ВЕЛИЧИНЕ АМПЛИТУДЫ СИГНАЛА ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ КОНТРОЛЕ**

**Поздняков Виталий Федорович**

к.т.н, доцент, кафедры «Физические методы контроля» Межгосударственного  
образовательного учреждение высшего образования «Белорусско-Российский  
университет

**Позднякова Елена Витальевна**

ассистент кафедры «Физические методы контроля» Межгосударственного  
образовательного учреждение высшего образования «Белорусско-Российский  
университет  
Могилев, Беларусь

Ультразвуковой (акустический) метод НК позволяет измерить значительное число характеристик дефектов и по величине как самих характеристик, так и их соотношений (признаков дефектов) получить внушительный объем информации о выявленном дефекте [1]. Высокая информативность УЗК - одно из основных достоинств данного метода. По величине основных измеряемых характеристик (амплитуда сигнала, коэффициент выявляемости, координаты и условные размеры дефекта, эквивалентная площадь) производят разбраковку изделий, а по величине дополнительных измеряемых характеристик и соотношениям между измеряемыми характеристиками получают дополнительную информацию о виде, форме, ориентации, реальных размерах выявленных дефектов.

Решение последней задачи особенно актуально вследствие наличия двух известных факторов: 1) потенциальная опасность плоскостного дефекта на 1 - 2

порядка выше, чем объемного; 2) количество имеющих место объемных дефектов зачастую значительно превосходит количество плоскостных.

Вследствие этих двух причин система разбраковки только по основным измеряемым характеристикам обычно приводит к неоправданным потерям на ремонтные работы. Именно поэтому в течение многих лет ведутся активные исследования возможности оценки формы дефектов и разделения их на несколько классов - такую процедуру называют идентификацией дефектов. К настоящему моменту времени разработано и исследовано большое количество идентификационных признаков дефектов. Их можно разделить по:

- частотной характеристике (измерение параметров спектра сигнала или моночастотного сигнала);
- природе используемых волн (отраженные, дифрагированные);
- типу используемых волн (продольные, поперечные или те и другие);
- количеству ПЭП (от одного до трех), используемых в измерениях;
- типу используемых в измерениях ПЭП (типовой наклонный, с переменным углом ввода луча типа «Парус» и т. д.);
- углу между направлением озвучивания и приема волн и пр.

В современных публикациях по УЗК такие признаки обычно разделяют на три группы [2, 3]:

- 1) основанные на измерениях условных размеров дефектов (эхо-метод);
- 2) основанные на определении акустического коэффициента формы (эхо-зеркальный метод);
- 3) основанные на регистрации сигналов, возникающих при дифракции ультразвуковых колебаний на дефекте (TOFD, дельта-метод, Ktl-метод).

Однако использование вышеуказанных методов предполагает использование специальной аппаратуры и преобразователей, а зачастую и невозможность проведения эффективного контроля. Значительно интереснее применение методов, позволяющих использовать типовую дефектоскопическую аппаратуру для ручного контроля.

Одним из таких методов является амплитудный, когда по величине амплитуды можно судить о какой-то определенной геометрической характеристике дефекта.

Однако использование данного метода предполагает проведения, определенные исследований для конкретного типа сварного соединения необходимых для проведения настройки аппаратуры и при проведении контроля.

Рассмотрим применение данной методики на практике на примере реального объекта - наземного сосуда для хранения пропана-бутана фирмы Deltagaz GmbH Grafenhainichen, Deutschland.

Данный сосуд имеет следующие характеристики: рабочее давление 1,56 МПа, объем корпуса 10 м<sup>3</sup>, диаметр обечайки 1240 мм, длина 7800 мм, толщина стенки 5,1 мм. Корпус сосуда сварен из пяти обечаек. Таким образом имеется шесть кольцевых и пять продольных сварных швов.

Кольцевые сварные швы выполнены не стандартным методом. Внешний вид сварного соединения кольцевых швов показан на рисунке 1.

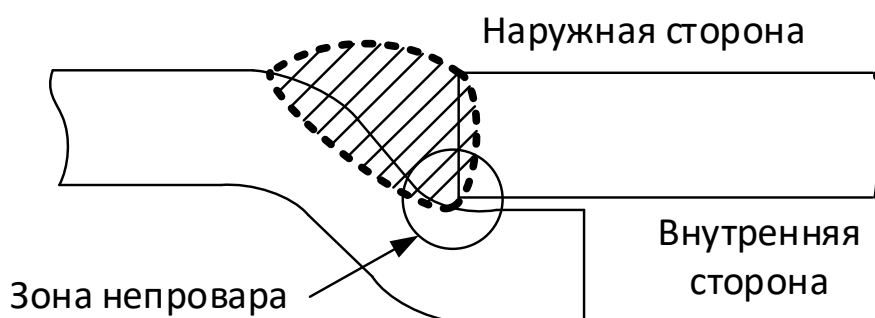


Рис. 1. Внешний вид кольцевого сварного соединения сосуда для хранения пропана-бутана фирмы Deltagaz GmbH Grafenhainichen, Deutschland

Данное сварное соединение частично соответствует сварному соединению типа С11 по ГОСТ 8713-79.

На первом этапе при проведении ультразвукового контроля были обнаружены многочисленные дефекты в корне шва идентифицирующийся как непровары. Поскольку непровар является одним из наиболее опасных недопустимых дефектов, владельца сосудов интересовало конкретное численной значение высоты непровара с целью в дальнейшем проведения прочностных расчетов и оценки возможности эксплуатации сосудов.

Проведение таких работ было оправданно, поскольку таких сосудов в ведении заказчика насчитывалось в количестве 96 шт.

Кроме того, заказчик потребовал не нарушать наружное полимерное защитно-декоративное покрытие сосудов. Следовательно, контроль должен был проводится с внутренней стороны сосуда.

С целью оценки реальной высоты непровара в корне сварных швов кольцевых соединений были проведены исследования зависимости амплитуды отраженного ультразвукового поля на стальных образцах толщиной 6 мм с поперечными пропилами прямоугольной формы разной глубины (рисунок 2), имитирующие непровар в корне сварного шва.

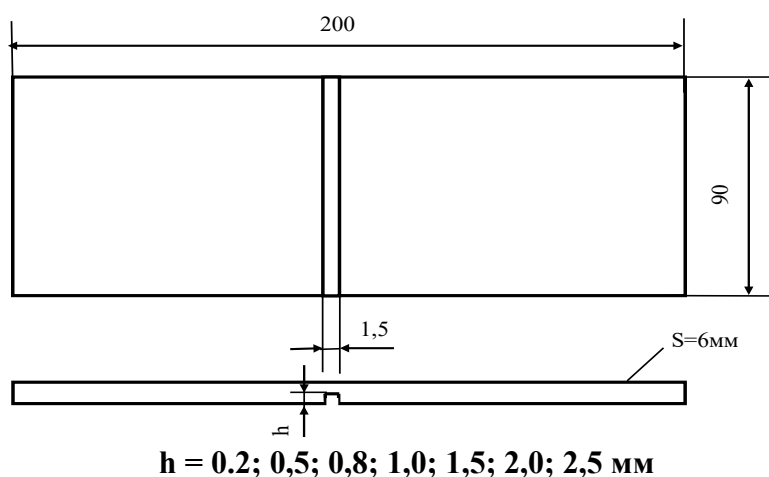


Рис. 2. Внешний вид контрольного образца

Была построена экспериментальная зависимость (рисунке 3) разности амплитуд отраженного сигнала от поперечного пропила и зарубки (1,4 x 0.8 мм – контрольный образец КО в соответствии с ОСТ 20-2044) при контроле

преобразователем П121-70-5,0 на стальных образцах толщиной 6 мм при настроенном ВРЧ дефектоскопа УД2-102- «Пеленг».

Данная зависимость справедлива для непроваров обнаруженных прямым лучом преобразователя протяженностью не менее 8 мм и однократно отраженным лучом протяженностью не менее 10 мм.

Для подтверждения достоверности использованного метода измерения высоты непровара были проведены металлографические исследования натурального образца кольцевого сварного соединения, вырезанного из сосуда

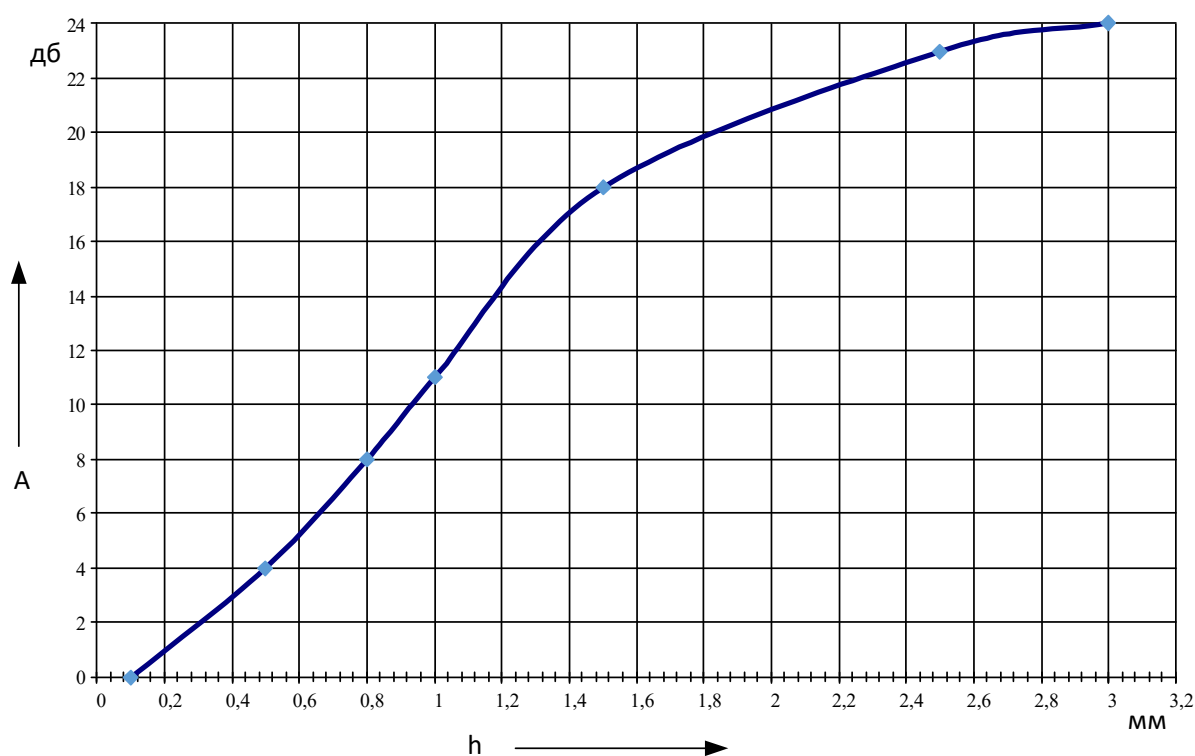


Рис. 3. Зависимость разности амплитуд отраженного сигнала от высоты пропила контрольного образца и зарубки

Образцы для исследования вырезаны поперек сварного соединения согласно схеме, представленной на рисунке 4. Ширина каждого образца составляла около 15 мм, расстояние между ними (ширина реза) – 5 мм.

Контроль макроструктуры сварного соединения осуществлялся на поперечных шлифах. Металлографический шлиф захватывал зоны основного

металла двух свариваемых листов, наплавленного металла сварного шва и зону термического влияния сварного шва (рисунок 4). Контроль осуществлялся на 6 образцах, 5 из которых (№№1÷5) взяты из области шва с наибольшей величиной непровара в корне шва, выявленным методом ультразвукового контроля. Образец №6 представляет область шва, где непровар по данным УЗК отсутствует.

Исследования проводились в соответствии с ГОСТ 5640–68 при увеличениях от 8 до 100 крат непосредственно на подготовленных шлифах. Травление поверхности шлифов осуществлялось 4 %-ным раствором  $\text{HNO}_3$  в спирте. Исследование и получение электронной версии макроструктур сварного соединения осуществлялось на стереографическом микроскопе МБС-10.

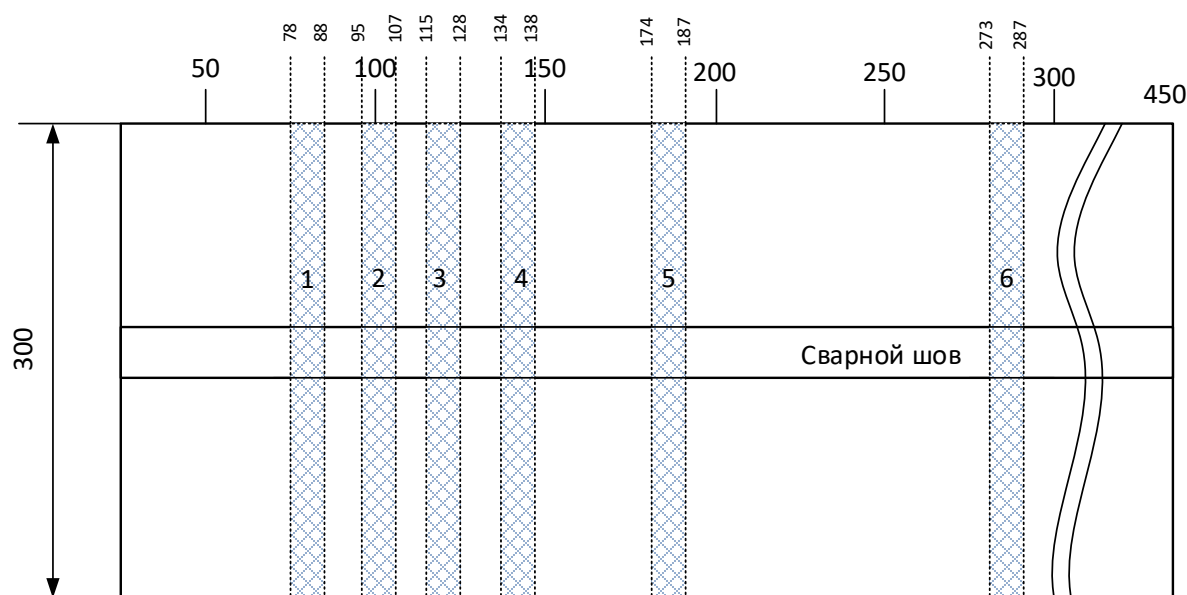


Рис. 4. Схема разделки темплата сосуда СУГ с кольцевым сварным соединением для макроструктурных исследований

Для примера на рисунке 5 представлены макроструктуры обследованных сварных соединений на отметках 88 мм, 95 мм, 115 мм и 148 мм. На контрольных макрошлифах в зоне стыковки двух свариваемых листов присутствуют несплавления (непровары), уменьшающие фактическую толщину стенки

обечайки сосуда. Величина непровара измерялась от наружной поверхности обечайки в направлении, перпендикулярном ей.

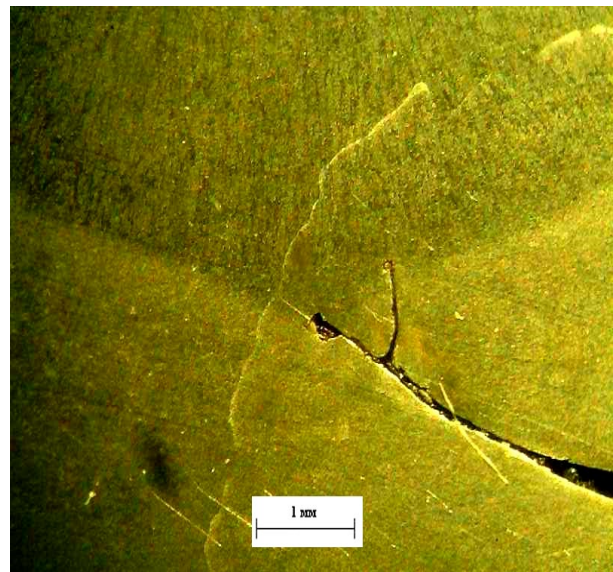
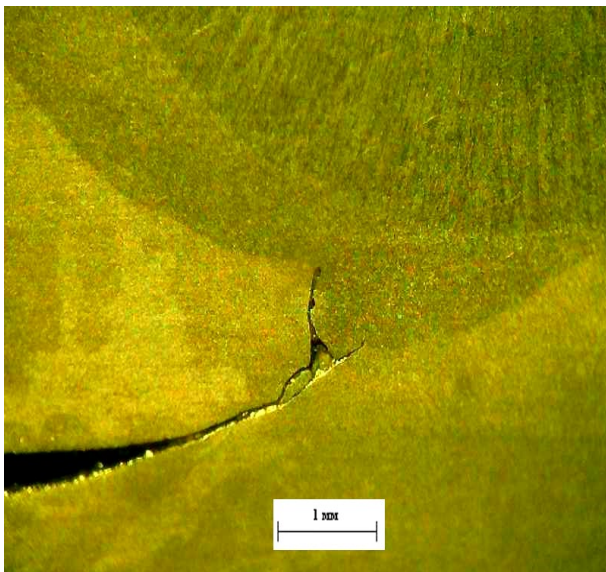
В таблице 1 представлены результаты замера величины этих непроваров в сравнении с результатами ультразвукового контроля.

Из анализа приведенных результатов сравнительных испытаний видно, что разность оценки высоты непровара при проведении ультразвукового контроля и металлографических исследованиях не превышает 0,2 мм.

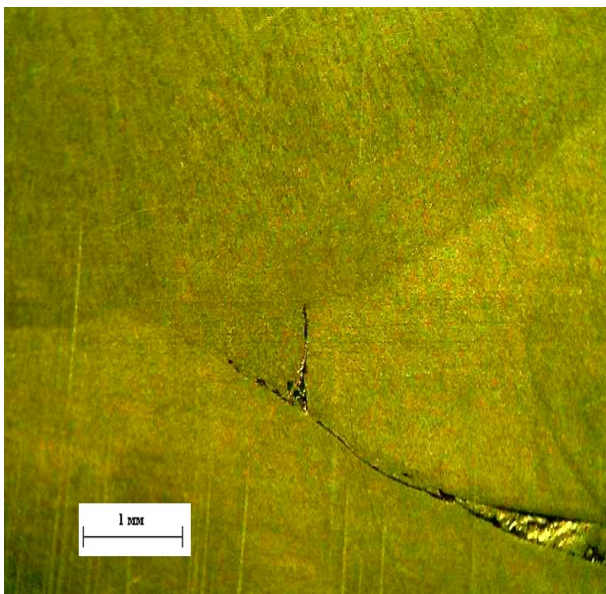
Таким образом можно сделать вывод что амплитуда отражённой ультразвуковой волны может быть с успехом использована как информационного параметра при определении высоты плоскостных дефектов.

а)

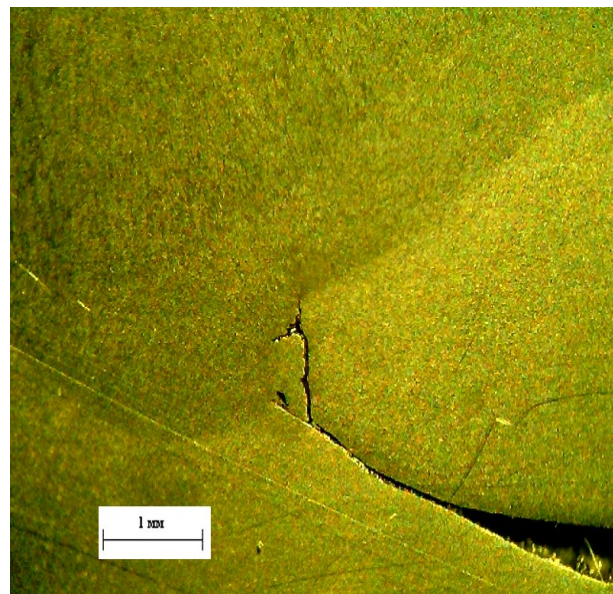
б)



в)



г)



а) отметка 88 мм; б) отметка 95 мм; в) отметка 115 мм; г) отметка 134 мм

Рис. 5. Макроструктура кольцевого сварного обечайки сосуда СУГ Непровар в корне шва в виде несплавления

По приведенной выше методике был проведен ультразвуковой контроль 26 сосудов СУГ с общей протяженностью сварных швов 811 м. Во всех кольцевых сварных швах сосудов были обнаружены дефекты



идентифицирующийся как непровары высотой до 1,8 мм. В продольных сварных швах недопустимых дефектов не обнаружено.

Таблица 1 – Результаты сравнительных измерений высоты непровара по результатам ультразвукового контроля и металлографических исследований

№ образца	Отметка по оси шва, мм	Высота непровара , мм	
		УЗК	металлография
1	74	1,2	0,9
	88	1,3	1,2
2	95	1,0	0,8
	107	1,0	0,9
3	115	1,1	0,9
	128	1,4	1,25
4	134	1,3	1,3
	148	1,4	1,60
5	174	0,6	0,8
	187	0,7	1,00
6	273	0,1	0,15
	287	0,2	0,45 (пора)

### Список использованных источников

- 1 Неразрушающий контроль: Справочник: В7 т. Под общ. Ред. В.В. Клюева. Т.3: Ультразвуковой контроль/ И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге.- Москва.: Машиностроение, 2004. – 864 с.: ил.
- 2 Гурвич, А. К. Огибающие последовательности эхо-сигналов и их основные числовые характеристики. - Дефектоскопия. 1975/ № 1. С. 141-144.
- 3 Щербинский, В.Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений/ В.Г. Щербинский. – Москва.: Тиссо, 2003. – 326 с.: ил.