

УДК 620.179.162

## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ГРАНИЦЫ СПЛАВЛЕНИЯ ДВУХСЛОЙНОГО ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

**Ахмадиев Р.Р., Афанасенко В.Г.**

*ФБГОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»*

Биметалл - это металлический материал, состоящий из двух или более слоев разнородных металлов или сплавов. Применяют для повышения прочности и жаростойкости конструкций, снижения их массы с целью экономии дорогостоящих и дефицитных металлов или как материал со специальными свойствами. Наличие в подобных прокатах границы сплавления металлов вносит существенные изменения в процесс выявления внутренних дефектов конструкционного материала. В данной статье рассмотрена методика проведения УЗК двухслойного листового проката различной толщины.

**Ключевые слова:** биметалл, дефект, двухслойный листовой прокат, ультразвуковой контроль, дефектоскоп

## ULTRASONIC CONTROL OF THE BORDER OF ALLOYING OF TWO-LAYER SHEETS

**Akhmadiev R.R., Afanasenko V.G.**

Bimetal is a metal material consisting of two or more layers of dissimilar metals or alloys. Applied to improve the strength and heat resistance of structures, reduce their weight in order to save expensive and scarce metals or as a material with special properties. The presence of metal fusing boundaries in these rolled products introduces significant changes in the process of revealing the internal defects of the structural material. In this article, the technique of ultrasonic testing of two-layer rolled sheets of various thicknesses is considered.

**Keywords:** bimetal, defect, double-layer sheet rolling, ultrasonic testing, flaw detector

### **Введение**

Промышленностью выпускается разнообразный ассортимент биметаллов, основание которых, в большинстве случаев, делают из конструкционной малоуглеродистой стали, покрытиями служат специальные стали – коррозионно- или жаростойкие, цветные металлы, антифрикционные сплавы и др. Наибольшее распространение получили двухслойные стали, которые используются для изготовления ответственных деталей и изделий, поэтому необходимо тщательно контролировать как качество самого биметалла, так и изделий из него.

Специфическим дефектом биметалла является нарушение сплошности сцепления слоев по границе покрытия с основанием [1-3].

---

Достоверность обнаружения нарушений сплошности сцепления слоев зависит от многих факторов, в частности от формирования граничной зоны между плакирующим и основными слоями [4,5].

### Обзор дефектоскопа УД 2-70

Дефектоскоп УД 2-70 это переносной ручной дефектоскоп, реализованный на микропроцессорной базе, предназначенный для применения операций неразрушающего контроля оборудования нефтегазовой промышленности, котельного и транспортного оборудования. Прибор обнаруживает дефекты в диапазоне от 2 до 5000 мм с шагом 1 мм с указанием их координат. Может работать в эхоимпульсом, зеркально-теновом и теновом режимах контроля [6].

Наличие процессора и памяти позволило реализовать сервисные функции хранения программ настроек, увеличенного экрана, «заморозки» и «замка». В памяти может храниться до 700 программ настроек, а общее число хранимых элементов порядка 4000 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Дефектоскоп УД2-70

Работа с дефектоскопом осуществляется с помощью клавиш и меню. Включение прибора вызывает засветку экрана с тремя полями: основная (центральная) часть экрана отображает сигнальную информацию (сетки, эхо-сигнал, кривые ВРЧ и АСД), в правой части экрана располагается рабочее меню (например, для строга отражаются усиление, ширина зоны контроля, уровень положения строга по вертикали, уставка срабатывания АСД), а в нижней – информационная зона. Ультразвуковой дефектоскоп общего назначения УД2-70 предназначен для контроля продукции на наличие (обнаружение) дефектов типа нарушения сплошности и однородности материалов, изделий и полуфабрикатов, сварных соединений, измерения отношения амплитуд сигналов от дефектов, глубины и координат их залегания. Прибор может применяться в машиностроении, металлургической промышленности, на транспорте, в судостроении, энергетике, строительстве и других отраслях, где необходим УЗК изделий основного производства и технологического оборудования.

---

### **Методика настройки дефектоскопа УД 2-70 для прозвучивания биметаллов**

1. Выставляем на экране УЗД данные ПЭП (на пример 2,5 МГц, 65° или 5 МГц, 70°)
  2. Устанавливаем «Диапазон» - 200, «Скорость» - 3260, «Призма» - 0 (в меню «Толщиномер»)
  3. На стандартный образец СО-3 устанавливаем ПЭП и находим 2 эхосигнала, которые располагаем таким образом, чтобы разница по высоте была около 4 дБ (определяется визуально).
  4. «Первый строб» устанавливаем на первый эхосигнал, а «Второй строб» на второй эхосигнал.
  5. В меню находим «Толщиномер» выставляем «Режим 0-1» и «Призмой» выставляем кнопками «-» и «+»  $S=55$  (указанное значение смотрим внизу экрана, при этом значение показаний слева от кнопки призмы отличается от показаний внизу экрана)
  6. Нажатием кнопки «Режим» переходим в «Режим 1-2» (кнопки 3,4) и скорость регулируем таким образом, чтобы  $S=110$  (кнопки 5,6). Убираем СО-3 в сторону.  
Переходим в режим «0-1»
  7. На стандартном образце СО -2, путем нахождения максимальной амплитуды эхосигнала от отверстия диаметром 6 мм, находим угол ввода от отражателя (2,5 МГц со стороны СО -2 менее 44 мм, а при 5 МГц со стороны менее 15 мм) и прибавляем кнопкой «Усиление» до 45 – 50 дБ.
  8. На образце СО-2 от отверстия диаметром 2 мм находим мертвую зону. Она должна просматриваться ПЭПом. Передвигаем строб 1, выставляем «Диапазон» - 100.  
Переходим к настройке ВРЧ
  9. Берем необходимый СОП с контролируемой толщиной (на пример  $h=16$  мм) и первоначально находим максимальный эхосигнал от отраженного луча верхней зарубки СОПа. Поднимаем «Усиление», таким образом, чтобы эхосигнал был на 50% экрана.
  10. Нажимаем кнопку слева «SP», затем кнопку «6» – для входа в режим ВРЧ.
  11. Для включения «ВРЧ + кривая» необходимо нажать кнопку «4» два раза. Убавить сигнал до половины экрана, то есть до строга.
  12. Кнопками «5» и «6» передвигаем линию к эхосигналу от однократно отраженного луча. Запоминаем значение амплитуды (браковочный уровень).
  13. Кнопками «7» и «8» фиксируем максимальную точку от этого эхосигнала.
  14. Находим максимальной эхосигнал от прямого луча нижней зарубки СОПа (для этого убавляем немного «Усиления»).
  15. Также передвигаем линию к эхосигналу от прямого луча.
  16. Поднимаем «Усиление» до браковочного уровня и кнопками «7» и «8» выравниваем эхосигналы, то есть эхосигнал от нижней зарубки доводим до 50% экрана.
-

17. Выставляем рабочую зону.

18. Левый край рабочего строга выставляем на границу шумов, а правый край строга немного правее от эхосигнала верхней зарубки, расстояние от конца строга до границы экрана 10 мм

### Методика обработки экспериментальных данных

Для получения экспериментальных данных сперва потребуется настройка аппарата для каждого замера отдельно. Из этого следует, что браковочный уровень полученный от зарубок на стандартных образцах предприятия и эхосигнал от границы раздела фаз в биметалле будет разным, поэтому в экспериментальных данных будет записываться разница между эхосигналами от границы раздела фаз в биметалле и браковочного уровня в dB. Фиксироваться «Усиление» эхосигнала будет на 50% экрана дефектоскопа. Уровень эхосигнала от браковочного и границы раздела фаз отображается на экране дефектоскопа в верхнем правом углу, показанный на рисунке 2.



Рисунок 2 – Эхосигнал от границы раздела фаз и его уровень

По результатам будут построены зависимости разницы амплитуды сигнала от угла призмы и частоты преобразователей, а также от толщины биметаллических пластин.

### Результаты экспериментальных исследований

В ходе эксперимента были прозвучены пластины  $h=8, 10, 16, 20$  мм разными преобразователями с частотами 1,8, 2,5 и 5 МГц, с углами призмы  $40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ$ . Были обнаружены эхосигналы от границы основного металла и плакирующего слоя.

Таблица 1 – Результаты прозвучивания пластин

Угол призмы	Частота ультразвука, МГц											
	1,8				2,5				5,0			
	Толщина пластин, мм											
	8	10	16	20	8	10	16	20	8	10	16	20
40°	7	9	12	8	8	9	11	15				
45°	10	10	14	11	9	10	13	16				
50°	11	11	15	12	11	14	15	17	5	8	16	19
60°	14	10	14	16	16	20	18	21	6	10	20	20
65°	15	10	20	19	18	20	21	22	8	11	23	22
70°					17	21	23	25	8	14	24	26

Далее исходя из результатов прозвучивания были построены зависимости амплитуды сигнала от угла призмы и частоты преобразователя. Графики зависимости представлены на рисунках 3-5.

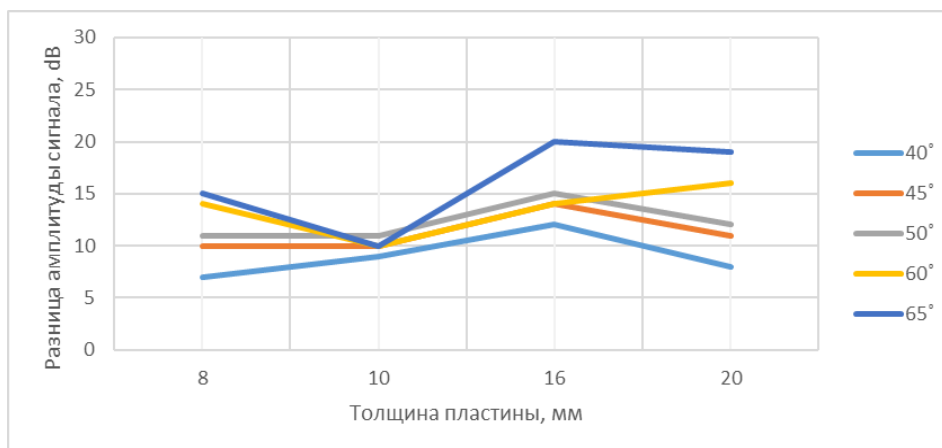


Рисунок 3 – Зависимость разницы амплитуды сигнала от толщины пластины для частоты 1,8 МГц

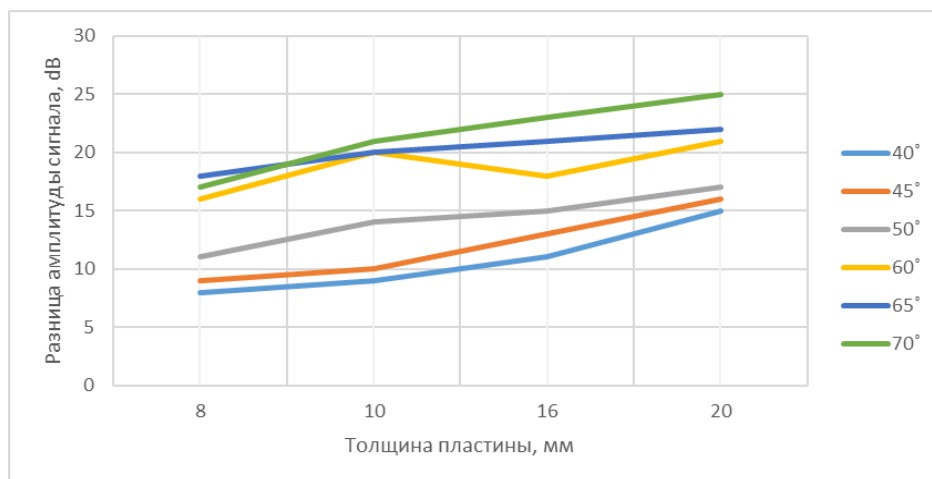


Рисунок 4 – Зависимость разницы амплитуды сигнала от толщины пластины для частоты 2,5 МГц

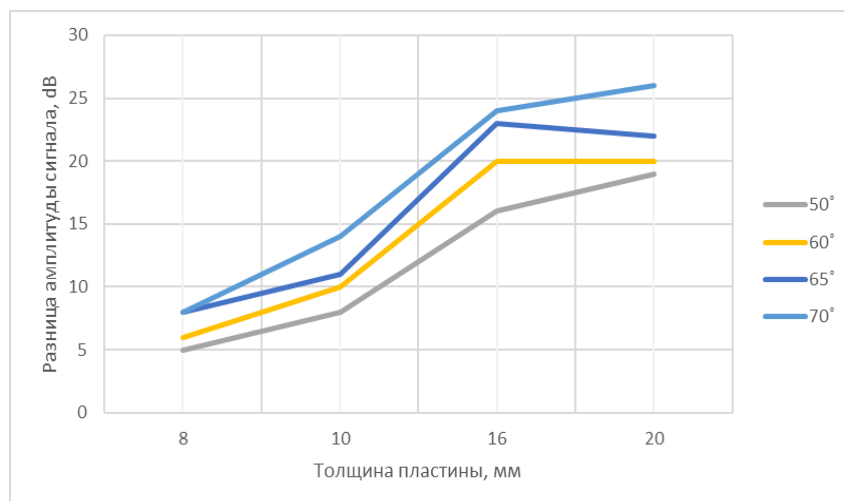


Рисунок 5 – Зависимость разницы амплитуды сигнала от толщины пластины для частоты 5,0 МГц

Проанализировав зависимости амплитуды эхосигнала от толщины пластины для частот 1,8, 2,5 и 5,0 МГц можно наблюдать общую тенденцию возрастания разницы амплитуды эхосигнала, по увеличению угла и толщины пластины. Это происходит вследствие увеличения пути прохождения эхоимпульсом до границы раздела фаз в биметалле. Те падения разницы амплитуды эхосигналов, наблюдаемые на рисунках 13,14, причиной их может быть человеческий. Так ультразвуковые дефектоскопы, настраиваются каждый раз по-разному.

### Выводы

В данной статье была описана методика ультразвукового контроля биметаллов, приведена подробнейшая методика настройки дефектоскопа УД2-70.

В качестве экспериментальной части было проведение ультразвукового контроля пластин с толщинами  $h=8, 10, 16, 20$  мм различными преобразователями. Перед началом прозвучивания пластины была проведена настройка дефектоскопа на определенную толщину путем временной регулировки чувствительности (ВРЧ).

На основании проведенных исследований процесса поиска дефектов в двухслойном листовом прокате можно дать следующие практические рекомендации:

1. Оптимальными ПЭП для толщины 20 мм будут ПЭП с частотой 1,8 МГц и углом ввода  $40^\circ, 45^\circ, 50^\circ$ .
2. Оптимальными ПЭП для толщины 16 мм будут ПЭП с частотой 2,5 МГц и углом ввода  $40^\circ, 45^\circ, 50^\circ$ .
3. Оптимальными ПЭП для толщины 10 мм будут ПЭП с частотой 5,0 МГц и углом ввода  $50^\circ, 60^\circ, 65^\circ$ .
4. Оптимальными ПЭП для толщины 8 мм будут ПЭП с частотой 5,0 МГц и углом ввода  $50^\circ, 60^\circ, 65^\circ$ .

### Список литературы

1. Выборнов, Б.И. Ультразвуковая дефектоскопия/ Б.И. Выборнов. — М.: Издательство стандартов, 1971. — 106 с.
  2. Яцышен В.В., Слюсарев М.В. Ультразвуковая диагностика дефектов зоны сплавления в слоистых композиционных материалах// Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2011. Т. 14. № 4. С. 103-105.
  3. Кулаков П.А. Постановка задачи диагностики технологического оборудования с применением искусственных нейронных сетей// Молодежный научный вестник. 2016. № 9 (9). С. 30-32.
  4. Закирничный Г.Е., Айбатуллин Р.Г., Мавлеткулов У.Р. Анализ напряженно-деформированного состояния колонного аппарата из двухслойной стали 16гс+08х13 с учетом расслоения металла// Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2014. № 1. С. 317-328.
  5. Кулаков П.А. Оценка безотказности технологического оборудования// Теория. Практика. Инновации. 2016. № 9 (9). С. 49-60
  6. ГОСТ Р 55809-2013. Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Методы измерений основных параметров. — Введ. 2015-07-01. — М.: Стандартинформ, 2014. — 18 с.
-