

УДК 620.192.63

Исследование выявляемости плоскодонных отражателей при ультразвуковом контроле изделий через аустенитную наплавку

Цуканов Максим Владимирович	MVTsukanov@cniitmash.com SPIN-код: 6269-3813
Данилов Вадим Николаевич	vadnicdan@yandex.ru SPIN-код: 9178-0120
Разыграев Николай Павлович	NPRazygraev@cniitmash.com SPIN-код: 4747-0826
Разыграев Антон Николаевич	ANRazygraev@cniitmash.com SPIN-код: 8271-9143
Иванченко Ксения Дмитриевна	00ivanchenko.ks@mail.ru
Михайлов Игорь Владимирович	IVMikhaylov@cniitmash.com SPIN-код: 6886-5653

НПО «ЦНИИТМАШ», Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрен вопрос выявления плоскодонных отражателей при ультразвуковом контроле через антикоррозионную наплавку. Установлено, что зависимость амплитуды эхосигнала от плоскодонного отражателя от глубины его залегания при применении наклонных преобразователей поперечных волн может характеризоваться выраженными локальными максимумами и минимумами. Такие особенности обусловлены случайными факторами, связанными с наличием аустенитной наплавки. Установлено, что аналогичные зависимости, построенные при применении наклонных преобразователей продольных волн, являются монотонно убывающими, а сами продольные волны значительно менее чувствительны к случайным факторам, связанным с наличием аустенитного слоя.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль, продольная волна, поперечная волна, плоскодонный отражатель, наклонный преобразователь, наплавка

Введение. Биметаллические изделия, поставляемые на атомных электростанций (АЭС), и их сварные соединения подлежат ультразвуковому контролю (УЗК) на заводах-изготовителях и АЭС. Сдаточный УЗК проводится по методике ГОСТ Р 50.05.02–2022 со стороны основного слоя, изготовленного из стали перлитного класса. Предэксплуатационный и эксплуатационный УЗК таких элементов АЭС как корпус реактора проводится со стороны наплавки [1]. Практика проведения УЗК через наплавку сопровождается неоднозначными результатами контроля [2, 3]. В частности, амплитуда сигнала от одного и того же бокового цилиндрического отражателя, измеренная в разных сечениях может различаться, более чем на 6 дБ. Также при экспериментальном исследовании акустических полей наклонных преобразователей (ПЭП) поперечных волн, используемых при УЗК через основного металла и сварных соединений биметаллических изделий через аустенитную наплавку обнаружено образование второго максимума в акустическом поле, а также изменение зна-

чения угла ввода луча с максимальной амплитудой полученного ранее при исследовании диаграмм направленности (ДН) на однородном металле. Теоретическое моделирование ДН при излучении через упругий слой переменной толщины, с учетом анизотропии свойств наплавки, качественно показало возможность экспериментально установленного явления [4]. При аналогичном контроле с использованием наклонных ПЭП продольных волн наличие второго максимума не наблюдалось, что было подтверждено результатами компьютерного моделирования [5]. На следующем этапе авторами была исследована выявляемость плоскодонных отражателей (ПДО), широко используемых при настройке чувствительности УЗК.

Методы и материалы; результаты. Для экспериментальной оценки выявляемости ПДО использовался дефектоскоп USM Go и наклонные ПЭП продольных и поперечных волн частотой от 1,2 до 4 МГц и размером пьезоэлемента (ПЭ) от 8×9 до 20×22 мм. В ходе исследований на образцах с толщиной наплавки 11 мм были определены амплитуды эхосигналов от ПДО, диаметром от 2,2 до 5,1 мм, глубиной залегания от 30 до 330 мм, углом наклона 45 и 60°. По результатам исследований были построены зависимости амплитуды эхосигнала от глубины залегания.

Эксперименты показали, что при применении наклонных ПЭП поперечных волн зависимости амплитуды эхосигнала от глубины залегания характеризуются выраженными максимумами и минимумами, т. е. амплитуда эхосигнала от более глубокого ПДО может превышать амплитуду эхосигнала от ПДО с меньшей глубиной залегания, что затрудняет проведение практического УЗК и объективную оценку качества. Такие особенности обусловлены случайными факторами, связанными с наличием аустенитной наплавки. Установлено, что аналогичные зависимости, построенные при применении наклонных ПЭП продольных волн, являются монотонно убывающими, а сами продольные волны значительно менее чувствительны к случайным факторам, связанным с наличием аустенитного слоя.

Заключение. Результаты исследований показывают, что наклонные ПЭП поперечных волн, используемые при решении подавляющего большинства задач УЗК, неприменимы при контроле через наплавку. Подтверждено, что продольные волны менее восприимчивы к влиянию аустенитного наплавленного слоя, что позволяет рекомендовать наклонные ПЭП продольных волн для проведения УЗК толстостенных изделий через наплавку.

Список источников

- [1] Цвитанович М., Пострузин Ж., Четвериков А.Е., Лебедев А.О., Сайтиев В.В., Разыграев А.Н., Разыграев Н.П., Надинич Б. Применение и испытания системы автоматизированного ультразвукового контроля металла корпуса реактора типа ВВЭР. *Тяжелое машиностроение*, 2011, № 9, с. 18–22.
- [2] Данилов В.Н., Разыграев А.Н., Разыграев Н.П., Цуканов М.В. Влияние аустенитного плакирующего слоя на основные параметры УЗК. *XXI Всерос. конф. по неразрушающему контролю и технической диагностике: сб. тр.* Москва, Издательский дом «Спектр», 2017, с. 90–91.

-
- [3] Цуканов М.В. Некоторые особенности ультразвукового контроля через аустенитную наплавку. *Тяжелое машиностроение*, 2020, № 7–8, с. 18–24.
 - [4] Данилов В.Н., Кретов Е.Ф., Разыграев Н.П., Разыграев А.Н., Цуканов М.В. Исследование ультразвукового контроля металла совмещенным наклонным преобразователем через плакирующий наплавленный слой. *Контроль. Диагностика*, 2018, № 7, с. 4–19. <https://doi.org/10.14489/td.2018.07.pp.004-019>
 - [5] Данилов В.Н., Разыграев Н.П., Разыграев А.Н., Цуканов М.В. Ультразвуковой контроль металла через плакирующий наплавленный слой с использованием совмещенного наклонного преобразователя продольных волн. *Контроль. Диагностика*, 2018, № 12, с. 4–19. <https://doi.org/10.14489/td.2018.12.pp.004-019>