

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ЧЕРЕЗ УТОЛЩЕННУЮ АУСТЕНИТНУЮ НАПЛАВКУ

© 2023 г. И.В. Михайлов^{1,*}, А.Н. Разыграев^{1,**}, Н.П. Разыграев^{1,***}

¹АО «НПО «ЦНИИТМАШ», Россия 115088 Москва, ул. Шарикоподшипниковская, 4
E-mail: *IVMikhaylov@cniitmash.com; **ANRazygraev@cniitmash.com; ***NPRazygraev@cniitmash.com

Поступила в редакцию 30.05.2023; после доработки 13.06.2023

Принята к публикации 07.07.2023

Представлены результаты исследований влияния утолщенной ремонтной антикоррозионной наплавки на предэксплуатационный и эксплуатационный ультразвуковой контроль (УЗК) металла корпуса реактора через антикоррозионную наплавку в сравнении с УЗК через стандартную наплавку, предусмотренную конструкторской документацией [1]. В работе выполнены оценки искажения акустических полей преобразователей поперечных и продольных волн и выявляемости дефектов при УЗК через наплавки разной толщины и наплавку с наклонной зоной сплавления от толщины 11 мм к толщине 18 мм.

Ключевые слова: ультразвуковая дефектоскопия, неразрушающий контроль, антикоррозионная наплавка.

ULTRASONIC TESTING THROUGH A THICKENED CLADDING

I.V. Mikhaylov^{1,*}, A.N. Razygraev^{1,**}, N.P. Razygraev^{1,***}.

¹JSC «NPO "CNIITMASH», Sharikopodshipnikovskaya st. 4, Moscow, 115088, Russia
E-mail: *IVMikhaylov@cniitmash.com; **ANRazygraev@cniitmash.com; ***NPRazygraev@cniitmash.com

This paper presents the results of studies of the effect of thickened repair anti-corrosion surfacing on pre-operational and in-service ultrasonic testing (UT) of the reactor vessel metal through anti-corrosion cladding in comparison with ultrasonic testing through standard surfacing provided for by the design documentation [1]. The paper estimates the distortion of acoustic fields of transducers of transverse and longitudinal waves and the detectability of defects during ultrasonic testing through cladding of different thicknesses and cladding with an inclined fusion zone from a thickness of 11 mm to a thickness of 18 mm.

Keywords: ultrasonic testing, non-destructive testing, anti-corrosion cladding.

DOI: 10.31857/S0130308223100093, EDN: XCETMV

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с конструкторской документацией, толщина антикоррозионной наплавки корпуса реактора составляет 9 – 2/+4 мм. Реальная толщина антикоррозионной наплавки составляет около 11 мм. В результате ремонта на обечайке образовался участок с толщиной аустенитной антикоррозионной наплавки ~18 мм, что существенно отличается от значения, установленного конструкторской документацией. Для проведения исследований и для разработки рекомендаций по ультразвуковому контролю (УЗК) было изготовлено три образца с различной толщиной наплавки.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Поставлена задача исследовать влияние утолщения на 3—7 мм аустенитной антикоррозионной наплавки относительно стандартной (толщина 9—13 мм), предусмотренной конструкторской документацией, на предэксплуатационный и эксплуатационный УЗК металла корпуса реактора через наплавку.

Предэксплуатационный и эксплуатационный УЗК металла выполняют продольными и поперечными волнами с применением [2]:

- прямых преобразователей (ПЭП) продольных волн с частотой 2,0 МГц;
- наклонных ПЭП поперечных волн 45° и 60° с частотой 2,0 МГц;
- наклонных ПЭП продольных волн 70° с частотой 2,0 МГц, 45° с частотой 4,0 МГц.

Проведены исследования сигналов поперечных и продольных волн при УЗК через наплавку и выявляемости дефектов при прохождении ультразвука через наплавки разной толщины и наплавку переменной толщины от 11 до 18 мм и зоной сплавления с наклонной по отношению к наружной (контактной для УЗК) поверхности.

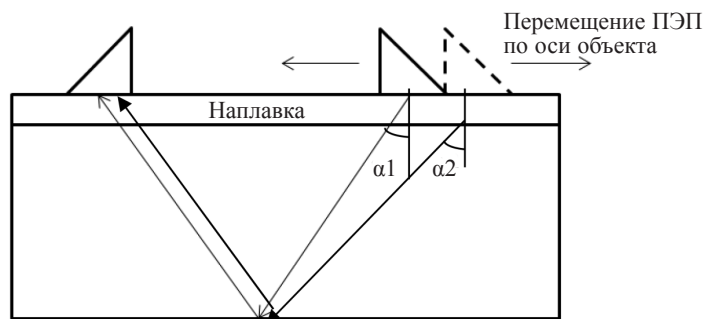


Рис. 1. Схема прозвучивания для наплавки толщиной 11, 16, 18 мм.

Для проведения вышеуказанных исследований были спроектированы и изготовлены специальные образцы с размерами 300×300 мм, толщиной наплавки 11 и 16 мм, и с переходной наплавкой, толщиной от 11 до 18 мм, а также однородные образцы для сравнительных испытаний прохождения ультразвука через моно и биметалл.

Оценку прохождения ультразвуковых волн через антикоррозионную аустенитную наплавку, толщиной 11, 16 и 18 мм проводили зеркально-теневым методом (рис. 1) на образцах с общей толщиной 90 мм, в том числе на образце из перлитной стали без наплавки. Распределение сигналов в образце из однородного металла считали эталонным. Оно позволяло оценить и зафиксировать влияние толщины, структуры металла наплавки, зоны сплавления наплавки (глубины ее залегания и непараллельности зоны сплавления контактной поверхности) с основным металлом и направления хода наплавочной ленты.

Исследованы огибающие амплитуд отраженных от дна сигналов поперечных и продольных волн, полученных с использованием преобразователей WB-45-2 и ПЦП-45-1,8 (рис. 2), на образцах с тремя наплавками, толщиной 11, 16 и 18 мм, а также на однородном перлитном металле. Полученные распределения позволяют оценить степень влияния толщины наплавки на структуру акустического поля преобразователей продольных и поперечных волн.

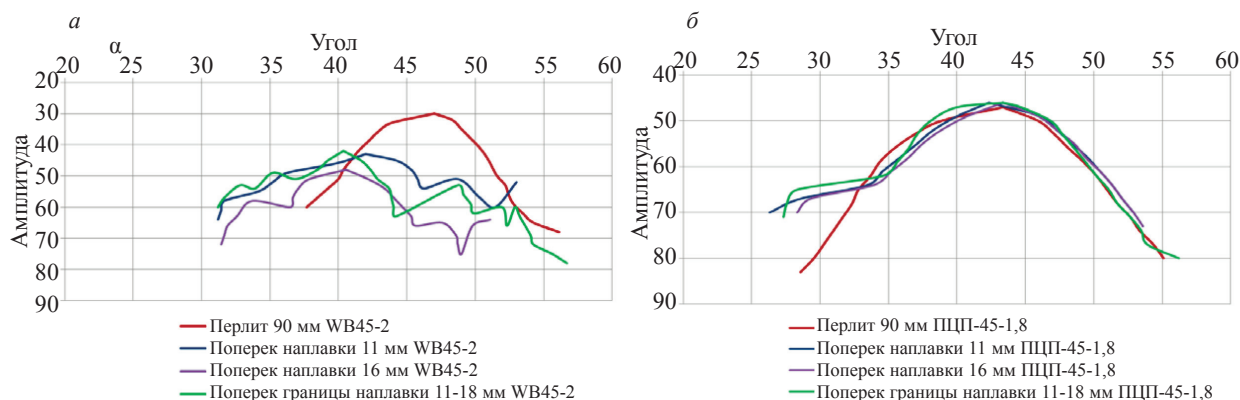


Рис. 2. Огибающие амплитуд сигналов на перлитном образце при прозвучивании через наплавку (поперек), толщиной 11 и 16 мм и на наклонной границе сплавления 11—18 мм:

а — УЗК поперечной волной (WB-45-2); б — УЗК продольной волной (ПЦП-45-1,8).

УЗК с помощью наклонных преобразователей продольных волн показал существенно меньшие искажения акустических полей в металле корпуса реактора в сравнении с преобразователями поперечных волн. Такие изменения параметров УЗК влекут за собой меньшие значения неопределенности при определении координат дефектов/отражателей и величин амплитуд эхосигналов от них, по которым определяется эквивалентная площадь дефекта.

В связи с полученными результатами были также выполнены исследования выявляемости дефектов/отражателей в металле корпуса реактора. Сравнительные исследования по выявляемости дефектов в сварных соединениях при УЗК через наплавку поперечными и продольными волнами были проведены на специальных образцах с плоскодонными отражателями диаметром 3,1 мм. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Эквивалентная площадь плоскодонных отверстий при УЗК через наплавку

№ п.п	ПЭП	Глубина, мм	Перлит Se, мм ²	Наплавка 11 мм Se, мм ²	Наплавка 16 мм Se, мм ²	Наплавка переходная 11—18 мм Se, мм ²
1	WB45-2	25	7,5	6,16	1,33	—
		50	7,5	1,77	0,95	2,01
		75	7,5	0,79	0,64	3,14
2	ПЦП-45-1,8	25	7,5	7,5	4,9	—
		50	7,5	7,1	4,15	4,9
		75	7,5	6,2	3,46	5,30

В табл. 2 представлены результаты исследований неопределенностей (отклонений) при определении глубины и координат дефектов при УЗК через наплавку, когда неизвестно действительное значение угла ввода луча с максимальной амплитудой в сравнении с контролем однородного перлитного металла [3].

Таблица 2

Характеристики плоскодонных отражателей при УЗК наплавки

№ п.п	ПЭП	Глубина по чертежу, мм	Наплавка 11 мм (измерения по дефектоскопу)		Наплавка 16 мм (измерения по дефектоскопу)		Наплавка переходная 11—18 мм (измерения по дефектоскопу)	
			Глубина, мм	Расстояние до эпилцентра, мм	Глубина по дефектоскопу, мм	Расстояние до эпилцентра, мм	Глубина, мм	Расстояние до эпилцентра, мм
1	WB45-2	25	25,7	25,7	24,5	24,5	—	—
		50	51,9	51,9	48,5	48,5	63	63
		75	76,7	76,7	76	76	75	75
2	ПЦП-45-1,8	25	24,88	24,88	26,3	26,3	—	—
		50	49	49	50,2	50,2	48,9	48,9
		75	73,7	73,7	73,8	73,8	73	73

Установлено, что:

1. При УЗК наклонными преобразователями поперечными волнами через аустенитную наплавку и определении эквивалентной площади с помощью АРД-диаграмм неопределенность может составлять величины, значительно превышающие погрешность определения эквивалентной площади при УЗК основного металла и сварных соединений.

2. При УЗК наклонными преобразователями продольными волнами через аустенитную наплавку и определении координат плоскодонных отражателей неопределенность (погрешность) при измерении глубины и расстояния до эпилцентра имеет величины в пределах погрешностей, установленных для УЗК основного металла и сварных соединений.

В связи с полученными результатами при контроле металла с утолщенной антикоррозионной наплавкой рекомендовано применять операцию УЗК наклонными раздельно-совмещенными преобразователями продольных волн с дополнительной настройкой чувствительности на образце с реальной толщиной аустенитной наплавки на контролируемом участке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разыграев А.Н., Михайлов И.В., Разыграев Н.П. Ультразвуковой контроль через утолщенную антикоррозионную наплавку / XXIV Петербургская конференция «Ультразвуковая дефектоскопия металлов и перспективных материалов» УЗДМ-2022. Тезисы докладов. 2022. С. 51—53.

2. ГОСТ Р 50.05.02 «Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль сварных соединений и наплавленных покрытий».

3. Данилов В.Н., Разыграев Н.П. и др. Исследование ультразвукового контроля металла совмещенным наклонным преобразователем через плакирующий наплавленный слой // Контроль. Диагностика. 2018. № 7. С. 4—19.