

УДК 620.179.16

Роботизированный ультразвуковой контроль криволинейных сварных соединений

Ушнурцев Матвей Владимирович¹

matvei030304@mail.ru

Ромашкин Сергей Владимирович²

romashkin@echoplus.ru

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблема ультразвукового контроля качества криволинейных сварных соединений на примере сварного соединения приварки патрубка к обечайке, требующая высокой квалификации дефектоскописта, значительных временных и физических затрат. Обоснована целесообразность автоматизации неразрушающего контроля таких объектов для повышения точности, воспроизводимости и увеличения производительности контроля. Представлено решение на основе роботизированного манипулятора (кобота), оснащенного ультразвуковым преобразователем, которое позволяет выполнять контроль швов сложной пространственной геометрии по заданной траектории. Показана возможность совместного использования кобота с дефектоскопом, обеспечивающим получение данных с ультразвукового преобразователя вдоль всей трехмерной траектории сканирования. Сделано заключение о том, что предлагаемый подход существенно упрощает процесс контроля, минимизирует человеческий фактор и позволяет создать единую цифровую карту всей зоны контроля.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, ультразвуковой контроль, сварка, автоматизация, роботизация, кобот

Введение. Контроль качества сварных соединений со сложной пространственной конфигурацией методами неразрушающего контроля (НК), в частности ультразвуковым (УЗ), представляет собой сложную технологическую задачу. Традиционный ручной контроль сварных соединений сложной пространственной конфигурацией подразумевает ручное передвижение датчика вдоль шва и поэтому сильно зависит от квалификации дефектоскописта, требует значительного времени и сопряжен с риском субъективных ошибок, что напрямую влияет на надежность и безопасность ответственных конструкций [1, 2]. Современные тенденции в области НК направлены на повышение точности, воспроизводимости и увеличения производительности, что достижимо за счет автоматизации процессов контроля и применения робототехнических систем [3].

Инновационные разработки в области ультразвукового контроля, такие как фазированные решетки (ФР) и современные дефектоскопы, предоставляют мощный инструментарий для получения детальных данных [4]. Однако эффективное применение этого инструментария для сканирования швов сложной пространственной геометрии невозможно без точного и программи-

руемого позиционирования датчика. Таким образом, актуальной задачей является разработка автоматизированных решений, сочетающих гибкость роботизированного манипулятора с точностью современного ультразвукового оборудования.

Методы и материалы; результаты. В качестве объекта исследования выбрано сварное соединение приварки патрубка к обечайке, представляющий собой ответственное соединение с пространственно-сложной геометрией. Материал обечаек — сталь 08X18H10T. Внешний вид образца представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид образца

Оборудование и программное обеспечение. Для проведения контроля использовался комплекс:

- роботизированный манипулятор (кобот) JAKA Zu 5, обеспечивающий точное позиционирование датчика с 6 степенями свободы по заранее запрограммированной траектории, повторяющей геометрию шва;
- дефектоскоп ультразвуковой многоканальный: АВГУР-АРТ с фазированной решеткой 5L16-0.6×10 и призмой X-32-35°-R-IL52;
- программное обеспечение: для управления роботом использовалась среда JAKA; для сбора, визуализации и первичной обработки дефектоскопических данных — ПО «Регистрация данных АВГУР».

Алгоритм эксперимента. Сканирование осуществлялся в автоматическом режиме по следующему алгоритму: на основе прямых замеров координат реперных точек траектории сканирования путем последовательного перемещения в них ФР, установленной на коботе, задавалась траектория сканирования, обеспечивающая постоянное положение датчика перпендикулярно сварному шву и фиксированный прижим датчика к поверхности. Робот перемещал датчик с заданной скоростью вдоль всей длины криволинейного шва.

Дефектоскоп в режиме реального времени регистрировал данные с ФР, которые были синхронизированы с положением датчика вдоль траектории сканирования (соответственно, вдоль сварного шва и по направлению к сварному шву). Данные автоматически сохранялись в цифровом формате для последующего анализа.

Автоматизированное сканирование позволило получить массив данных выбранной криволинейной зоны контроля с шагом 20 мм по оси X (по нормали к сварному соединению). На рис. 2 представлен пример снимаемых дефектоскопом данных.

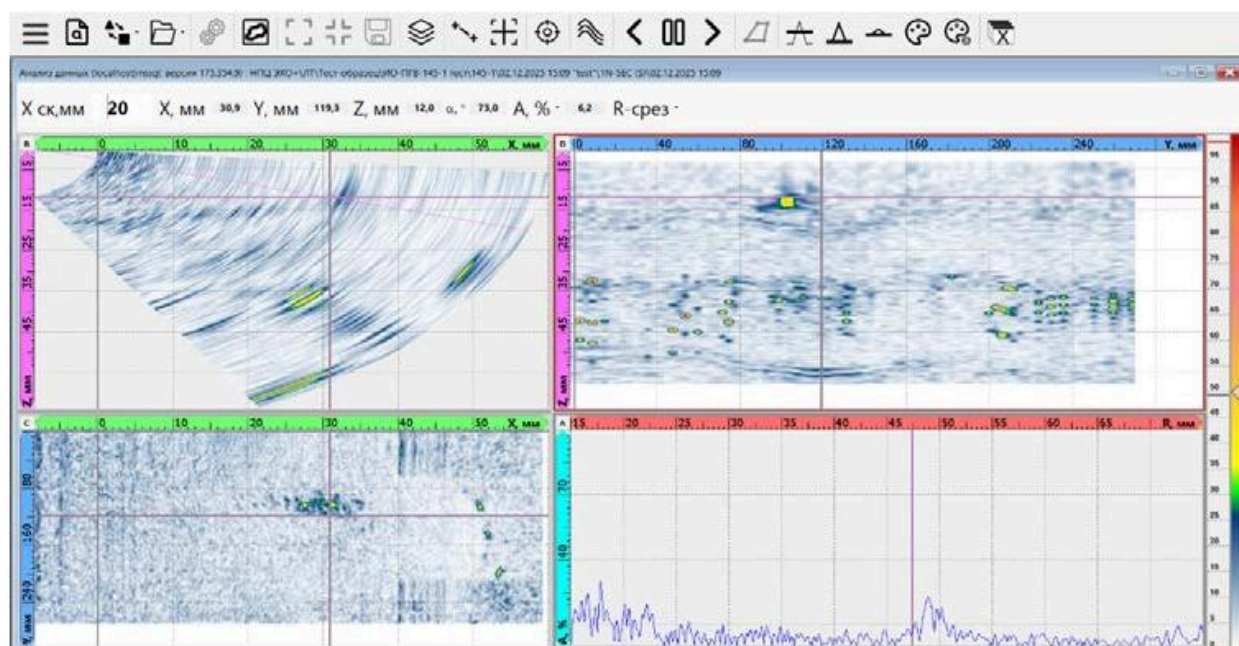


Рис. 2. Пример снимаемых данных

Таким образом, применение роботизированного комплекса позволило выполнить воспроизводимое сканирование по сложной трехмерной траектории сканирования, минимизировав влияние человеческого фактора на этапе сбора данных, и получить оцифрованную карту зоны контроля, пригодную для документирования и дальнейшего анализа.

Заключение. Разработанный подход на основе роботизированного манипулятора с интегрированным ультразвуковым дефектоскопом подтвердил свою эффективность для контроля сварных швов сложной пространственной конфигурации. Решение обеспечивает полное, воспроизводимое и высокоскоростное сканирование по сложной пространственной траектории, исключая влияние человеческого фактора на этапе сбора данных. В результате формируется единая цифровая карта зоны контроля с привязкой дефектоскопических данных к координатам, что существенно упрощает документирование и анализ. Предложенный алгоритм является перспективной основой для создания автоматизированных систем неразрушающего контроля ответственных сварных соединений.

Список источников

- [1] Ермолов И.Н., Ланге Ю.В. *Ультразвуковой контроль. Неразрушающий контроль*. Москва, Машиностроение, 2004, т. 3, 861 с.
- [2] Алешин Н.П., Бобров В.Т., Ланге Ю.В., Щербинский В.Г. *Ультразвуковой контроль*. Москва, Издательский дом «Спектр», 2011, 224 с.
- [3] Dube N., Moles M.D.C. *Advances in Phased Array Ultrasonic Technology Applications. Technical guide*, Olympus NDT, Waltham, 2007, 491 p.
- [4] ООО «НПЦ «ЭХО+». *Ультразвуковая дефектометрия. 30 лет. Юбилейный сборник трудов*. Москва, Издательский дом «Спектр», 2020, 216 с.