

Основываясь на полученных таким образом результатах (рисунок 3), можно отметить, что увеличение объемного содержания нитрида бора от 0 до 5% привело к резкому снижению значения размеров областей когерентного рассеяния рентгеновских лучей, однако дальнейшее увеличение содержания от 5% до 15% привело к незначительному росту ОКР. Можно предположить, что падение на первом участке может быть связано не с изменением размеров ОКР, а с появлением концентрационной неоднородности порошков.

Для понимания причин наблюдаемых эффектов, необходимо дальнейшее исследование, в частности, трибологические испытания, включающие спектроскопию Фурье, микроанализ и наноиндентирование приповерхностных слоев после трения.

Список литературы

1. Cook J., Gordon J.E., Marsh D.M. A mechanism for the control of crack propagation in all-brittle systems // Proc. R. Soc. Lond. A. – 1964. – 282. – 508-520.
2. Серия сканирующих электронных микроскопов VEGA 3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tescan.ru/products/vega-sem/> – 2017.
3. ГОСТ 2999-75. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу: дата введения 1976-07-01.
4. Scherrer P. Bestimmung der Grösse und der inneren Struktur von Kolloidteilchen mittels Röntgenstrahlen // Nachr. Ges. Wiss. Göttingen – 1918. – P. 98 – 100.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТОМОГРАФИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Д.О. ДОЛМАТОВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: dolmatovdo@tpu.ru

Преимуществами аустенитных сталей как конструкционных материалов является их высокая коррозионная стойкость и жаропрочность. Важной частью контроля качества изделий из подобного материала является применение неразрушающего контроля, для чего широко применяются акустические методы [1].

Одной из сложностей при ультразвуковом неразрушающем контроле аустенитных сталей является высокий уровень затухания ультразвуковых волн, вызванный большим размером зерна. В этой связи, особую важность имеет корректный выбор методов и средств ультразвукового неразрушающего контроля. Целью данной работы является проверка эффективности использования ультразвуковой томографии с применением цифровой когерентной обработки сигналов антенных решеток на основе метода синтезированной апертуры для контроля материалов и изделий, изготовленных из аустенитных сталей. Интерес к данному подходу обусловлен возможностью получения результатов контроля в форме изображений дефектов высокого разрешения, по которым представляется возможным с высокой точностью определять параметры несплошностей [2].

Для этой цели была проведена серия экспериментов с использованием тестового образца толщиной 10 мм, изготовленного из стали 316L(N)-IG. Образец содержал две паза глубиной 1 мм, изготовленных на двух противоположных поверхностях образца.

В качестве преобразователя применялась антенная решетка Olympus 5L16-A1 (рисунок 1). Преобразователь размещался на призме, обеспечивающий ввод поперечных ультразвуковых волн под углом 45 градусов.



Рисунок 1 – Антенная решетка Olympus 5L16-A1

При реализации цифровой когерентной обработки рассматривались схемы распространения ультразвуковых волн, представленные на рисунке 2.

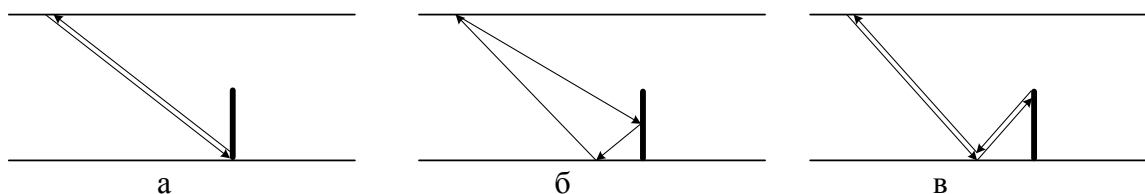


Рисунок 2 –Схемы распространения УЗ волн, рассмотренные при реализации цифровой когерентной обработки: а) схема 1; б) схема 2; в) схема 3

Для сбора данных элементами антенной решетки применялся режим двойного сканирования, который подразумевает поочередное зондирование объекта контроля элементами антенной решетки и прием эхо-сигналов всеми элементами преобразователя. Зарегистрированные эхо-сигналы подвергались цифровой когерентной обработке с применением алгоритма, рассмотренного в [3]. Результаты томографии для каждого из пазов представлен на рисунке 3.

Таким образом, применение ультразвуковой томографии на основе цифровой когерентной обработки сигналов антенных решеток показало свою эффективность для контроля образцов, изготовленных из аустенитных сталей. При этом применение в цифровой когерентной обработке схем 1 и 2 (рисунки 3а и 3б) являются эффективными для выявления дефектов, расположенных у донной поверхности, в то время как когерентная обработка сигналов антенной решетки по схеме 3 (рисунок 3в) наиболее эффективна при выявлении дефектов, расположенных у наружной поверхности объектов.

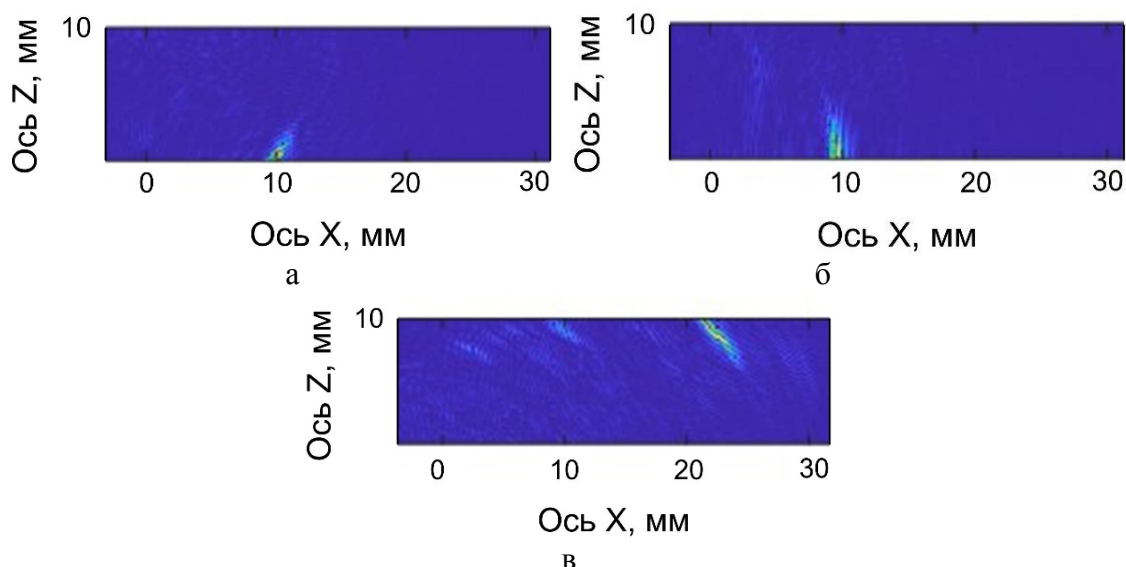


Рисунок 3 – Результаты ультразвуковой томографии: а) дефект у наружной поверхности образца, схема распространения УЗ волн 1; б) дефект у наружной поверхности образца, схема распространения УЗ волн 2; в) дефект у донной поверхности образца, схема распространения УЗ волн 3

Исследование выполнено за счет гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук и докторов наук (проект № МК-1679.2022.4).

Список литературы

1. Shim H. J. et al. Fabrication and characteristic of the 316L (N)-IG forged block and rolled plate for application to ITER blanket shield block //Fusion Engineering and Design. – 2020. – Т. 156. – article number: 111738.
2. Базулин Е. Г. Сравнение систем для ультразвукового неразрушающего контроля, использующих антенные решетки или фазированные антенные решетки //Дефектоскопия. – 2013. – №. 7. – С. 51.
3. Вдовенко А. Ю., Долматов Д. О., Седнев Д. А. Применение методов синтезированной апертуры в ультразвуковой дефектоскопии с использованием фазированных антенных решеток //Известия высших учебных заведений. Физика. – 2018. – Т. 61. – №. 12-2. – С. 12-15.