

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННО-СЛОЖНЫХ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Д.О. Долматов, к.т.н. инженер МНОЛ НК ИШНКБ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dolmatovdo@tpu.ru

Аннотация: Разработка и эксплуатация автоматизированных систем на базе роботизированных манипуляторов является актуальным вопросом развития средств ультразвукового неразрушающего контроля. В данной работе рассматривается применение подобных систем совместно с цифровой когерентной обработкой сигналов, которая базируется на применении метода синтезированной апертуры. Эффективность подобного подхода рассмотрена для случая контроля пространственно-сложных стальных отливок.

Ключевые слова: системы ультразвукового контроля на базе роботизированных манипуляторов, алгоритмы цифровой когерентной обработки, пространственно-сложные изделия.

Abstract: The development and operation of automated systems based on robotic manipulators is an urgent issue in the development of ultrasonic nondestructive testing equipment. This paper considers the application of such systems together with post-processing based on the Synthetic Aperture Focusing Technique. The effectiveness of such an approach is considered for the case of complex-shaped steel casting inspection.

Keywords: automated ultrasonic testing systems based on robotic manipulators, post-processing algorithms, complex-shaped objects.

На сегодняшний день повышение производительности является актуальной проблемой развития методов и средств ультразвукового неразрушающего контроля. Данным фактом обусловлен интерес к роботизированным системам ультразвуковой дефектоскопии. Подобные системы способны обеспечить высокую скорость сканирования изделий различных форм и высокую повторяемость результатов контроля.

В контексте развития роботизированных систем ультразвукового контроля большой интерес представляет реализация и использование алгоритмов обработки экспериментальных данных с применением цифровой когерентной обработки, использующей метод синтезированной апертуры [1]. Подобный подход способен обеспечивать получение результатов роботизированного контроля в форме изображений дефектов, которые имеют высокое разрешение. Данные изображения позволяют проводить оценку размеров выявленных дефектов с высокой точностью.

Ранее был разработан алгоритм цифровой когерентной обработки в случае использования автоматизированных систем на базе роботизированных систем с шестью степенями свободы [2]. В рамках данной работы эффективность указанного подхода рассматривается для контроля пространственно-сложных стальных отливок. Для этой цели в качестве тестового образца был использован сегмент цилиндрического объекта, содержащий боковые цилиндрические отверстия диаметром 4 мм. Эскиз образца представлен на рисунке 1.

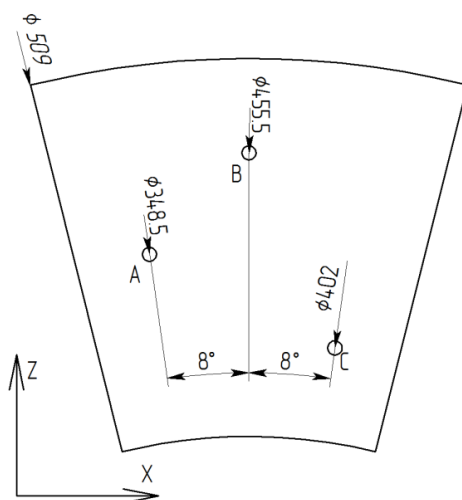


Рис. 1. Эскиз сегмента цилиндрического тестового образца

Контроль проводился на установке роботизированного ультразвукового контроля, представленной на рисунке 2.



Рис. 2. Установка роботизированного ультразвукового контроля:
1 – роботизированный манипулятор с шестью степенями свободы, 2 – иммерсионная ванна,
3 – шкаф управления, 4 – тестовый образец

Для этой цели объект размещался в иммерсионной ванне, которая заполнялась водой. Сканирование осуществлялось с шагом 1 мм. В каждой точке ультразвуковой преобразователь частотой 2.25 был ориентирован по нормали к поверхности объекта контроля.

А сканы, полученные при сканировании объекта контроля, служили входными данными для алгоритма, который был реализован в программном пакете MatLab. В результате работы алгоритма восстанавливается изображения дефектов в тестовых образцах. Изображение дефектов в рассмотренном тестовом образце представлено на рисунке 3.

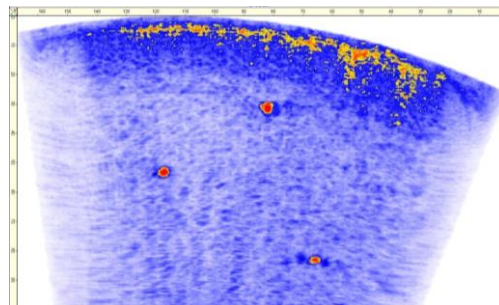


Рис. 3. Изображение дефектов, полученное в результате контроля с применением алгоритма цифровой когерентной обработки

Полученный результат в форме изображения позволяет оценить размеры дефектов с применением метода половины амплитуды (-6 dB drop method). Результаты оценки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты оценки дефектов в цилиндрическом образце

Дефект	A	B	C
Диаметр, мм	4,3	4,2	3,7
Относительная погрешность, %	7,5	5,0	7,5

Таким образом, в результате контроля в восстановленном изображении были получены образы всех искусственных дефектов в тестовом образце.

Полученная оценка размеров обнаруженных дефектов была близка к реальным размерам несплошностей. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности разработанного алгоритма.

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 использованных источников:

1. Doctor S.R. SAFT – the evolution of a signal processing technology for ultrasonic testing / S.R. Doctor, T.E. Hall, L.D. Reid // NDT international. – 1986. – V. 19. – №. 3. – P. 163–167.
2. Dolmatov D. The development of post-processing algorithm for the ultrasonic evaluation by the application of automated robotic testing systems / D. Dolmatov, V. Zhvyrblya, D. Sednev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2021. – Vol. 1019 (1).

КИНЕТИКА МАРТЕНСИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ И СКОРОСТЬ УЛЬТРАЗВУКА В ПРОЦЕССЕ РАСТЯЖЕНИЯ Fe-Cr-Ni СПЛАВА

С.А. Баранникова^а, д.ф.-м.н., в.н.с., П.В. Исхакова^б, м.н.с.

Институт физики прочности и материаловедения

Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН)

634055, г. Томск, просп. Академический, 2/4; тел. (3822)-28-69-63

E-mails: ^аbsa@ispms.ru; ^бiskhakova@ispms.ru

Аннотация: В работе исследовано деформационное поведение плоских образцов Fe-18 % Cr-10 % Ni сплава, в которых реализуется наведенное деформацией γ - α' -фазовое превращение в условиях одноосного растяжения. С помощью измерений ферритометра и изменения скорости ультразвука анализируется кинетика мартенситного превращения в температурном интервале $140 < T < 340$ К. Обнаружено, что скорость мартенситного превращения увеличивается с понижением температуры. Показано, что α' -фаза оказывает существенное влияние на стадийность диаграмм растяжения, коэффициент деформационного упрочнения и изменение акустических характеристик сплава.

Ключевые слова: прочность, деформация, скорость ультразвука, мартенситные превращения

Abstract: In this work, the deformation behavior of flat specimens of the Fe-18 % Cr-10 % Ni alloy, in which the deformation-induced γ - α' -phase transformation occurs under uniaxial tension, is studied. The kinetics of martensitic transformation in the temperature range $140 < T < 340$ K is analyzed by means of measurements of a ferritometer and changes in the ultrasound velocity. It is found that the rate of martensitic transformation increases with decreasing temperature. It is shown that the α' -phase has a significant effect on the staging of tension diagrams, work hardening coefficient and changes in the acoustic characteristics of the alloy.

Keywords: strength, deformation, ultrasonic velocity, martensitic transformations.

Введение. Возрастающий уровень требований к качеству деталей предполагает расширение использования методов диагностики и неразрушающего контроля [1, 2]. Механические свойства материала, являются определяющими при оценке качества изделий, от них зависит вероятность разрушения, безопасность и целесообразность использования деталей в тех или иных условиях. Поэтому разработка методических аспектов контроля механических характеристик металлов по скорости распространения ультразвуковых волн является актуальной. При выборе материалов, работающих в условиях Арктики и Крайнего Севера, возникает необходимость обеспечения оценки их физико-механических характеристик при различных температурах и их изменение в процессе эксплуатации. Одним из перспективных в этом отношении материалов являются Fe-Cr-Ni сплавы, которые демонстрируют высокую коррозионную стойкость и высокую ударную вязкость при криогенных температурах [3]. Несмотря на большой объем, посвященный исследований Fe-Cr-Ni сплавов, в научной литературе не достаточно внимания уделено изучению их акустических характеристик в процессе пластической деформации в широком температурном интервале.

Целью настоящей работы было исследование закономерностей изменения акустических характеристик в широком температурном интервале на основе анализа стадийности диаграмм растяжения и кинетики мартенситных превращений Fe-Cr-Ni сплава.

Материалы и методика эксперимента. Предварительно подготовленные образцы в форме двойной лопатки с размерами рабочей части $50 \times 10 \times 2$ мм растягивались со скоростью $6,67 \times 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ на испытательной машине LFM-125. Одновременно с регистрацией кривых нагружения измерялась скорость ультразвуковых релеевских волн с использованием метода автоциркуляции [4].