

Разработка адаптивного алгоритма обнаружения дефектов в изделиях, полученных методом селективного лазерного спекания, при автоматизированном ультразвуковом контроле

Сергеев А.С. (Университет ИТМО)

**Научный руководитель – доктор технических наук, Федоров А.В.
(Университет ИТМО)**

Введение. Основным направлением повышения качества изделий, полученных методом селективного лазерного спекания (СЛС), является внедрение методов неразрушающего контроля. В процессе изготовления изделий возможно возникновение дефектов, таких как поры, трещины, включения и др. Одним из наиболее информативных видов контроля является ультразвуковой контроль изделий, полученных методом СЛС [1], но его применение связано с учетом сложных геометрии и структуры изделий (шероховатостью поверхности, пористостью и пр.), что приводит к многократному переотражению ультразвуковых волн. При разработке автоматизированных ультразвуковых систем контроля качества изделий, выполненных СЛС, особое место занимает решение задачи интерпретации зарегистрированных ультразвуковых сигналов. При проведении ультразвукового контроля таких изделий зарегистрированный ультразвуковой сигнал, как правило, имеет большое количество помех, шумов [2].

Основная часть. Традиционные алгоритмы обработки ультразвуковых сигналов, основанные на пороговом детектировании, оказываются неэффективными из-за особенности внутренней структуры изделий, полученных методом СЛС. Автоматизация процесса ультразвукового контроля качества изделий, выполненных методом СЛС, обеспечивает:

- контроль изделий любой формы;
- равномерность перемещения ультразвукового преобразователя относительно поверхности объекта контроля;
- ориентацию ультразвукового преобразователя по нормали в каждой точке контроля;
- повторяемость траекторий движений ультразвукового преобразователя;
- исключение влияния человеческого фактора на параметры сканирования;
- получение массива первичных данных заданной скважности,

что, в свою очередь, позволяет производить автоматическую обработку результатов автоматизированного контроля. Обработка результатов контроля возможна за счет применения комбинированных методов. Использование комбинированных методов позволит определять тип, размер и местоположение дефекта, в том числе глубину залегания.

Разработанный алгоритм реализует комбинированное применение методов глубокого обучения для решения задач обнаружения дефектов в массивах, содержащих зарегистрированные ультразвуковые сигналы, с последующим анализом В-скана для определения типа дефектов (задача классификации). Практическая реализация данного подхода реализована с помощью применения архитектуры рекуррентной нейронной сети LSTM (Long Short-Term Memory) и сверточной нейронной сети YOLO (You Only Look Once).

Основные этапы работы разработанного алгоритма:

- обучение LSTM и YOLO:
- 1) подготовка сигналов (массивов значений амплитуды ультразвукового сигнала, полученных в автоматизированном режиме контроля настроечного образца);
- 2) настройка весовых коэффициентов искусственных нейронов LSTM и YOLO;
- 3) подтверждение результатов обучения LSTM и YOLO на тестовой выборке;
- сканирование изделия в автоматизированном режиме и регистрация ультразвуковых сигналов;
- обнаружение дефектов в массиве зарегистрированных ультразвуковых сигналов с помощью LSTM;

- построение В-скана на основе полученного массива значений амплитуд сигнала (В-скан представляет собой двумерное изображение, полученное из серии А-сканов);
- анализ В-скана и определение типа дефекта с помощью YOLO;
- расчёт глубины залегания;
- визуализация полученного результата на В-скане.

Для обучения нейронных сетей использовалась библиотека TensorFlow.

Разработанный алгоритм позволяет во время автоматизированного контроля предоставлять достоверную информацию о типе дефекта и глубине его залегания.

Вывод. В рамках проведенного исследования был разработан адаптивный алгоритм обнаружения дефектов в изделиях, полученных методом СЛС при автоматизированном ультразвуковом контроле. Алгоритм основан на комбинированном применении архитектур рекуррентной нейронной сети LSTM (Long Short-Term Memory) и сверточной нейронной сети YOLO (You Only Look Once), позволяющих оперативно определять тип, размер и глубину залегания дефектов. Разработанный алгоритм имеет возможность быстрой корректировки под любые типы и размеры объектов контроля при условии наличия настроечных образцов с искусственными дефектами.

Список использованных источников:

1. Алешин Н.П., Григорьев М.В., Щипаков Н.А. Особенности неразрушающего контроля изделий, изготовленных аддитивными технологиями // Аддитивные технологии: настоящее и будущее Материалы III Международной научной конференции 2017 С.12-18.
2. Сергеев А.С., Сергеев Д.С., Федоров А.В. Исследование особенностей обработки и отображения результатов автоматизированного ультразвукового контроля качества изделий аддитивного производства // Материалы 17-й Международной научно-технической конференции «Акустооптические и радиолокационные методы измерений и обработки информации» 2024. С. 210-213.

Сергеев А.С. (автор)

Подпись

Федоров А.В. (научный руководитель)

Подпись