

УДК 004.021

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ СВАРНОГО ШВА ПРИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКЕ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Краснов Д.И. (ИТМО), Соколов М.С. (ИТМО)

Научный руководитель – PhD Соколов М.С.
(ИТМО)

Введение. В процессе лазерной сварки может возникать множество дефектов, связанных как с параметрами лазерного пучка (интенсивность, фокусировка, скорость сварки), так и с параметрами свариваемых материалов и их установкой. Часть систематических дефектов может быть предотвращена до начала сварки, однако некоторые из них могут возникнуть уже в процессе. Традиционные методы контроля сварного шва связаны с периодическим разрушающим контролем – анализом сечения шва. Поэтому для промышленности требуются неразрушающие методы контроля, способные с помощью обратной связи в реальном времени предотвращать появление дефектов.

В настоящее время развитие получили методы неразрушающего контроля, основанные на анализе спектрограмм [1], анализе изображения сверточными нейронными сетями [2] или анализе зоны сварки [3]. В данной работе предлагается метод анализа инфракрасных термограмм, позволяющий определять количество вылетающих из зоны сварки капель, параметры которых могут использоваться для определения некоторых дефектов, например неполный провар.

Основная часть. Для определения параметра вылетающих из зоны сварки капель был разработан алгоритм трекинга по трем соседним кадрам. Перед определением капель на инфракрасном изображении необходимо выполнить предобработку для подавления фона и помех, таких как плазменное облако в зоне сварки. Для этого использовался алгоритм, основанный на свертке изображения с Лапласианом Гауссиана (LoG) [4]. После подавления фона полученная карта признаков бинаризуется. Критериями идентификации одной и той же капли на трех кадрах являются допущения о том, что капля движется по прямолинейной траектории и о том, что расстояние между каплями на соседних кадрах должны быть примерно равны и не больше заданного порога.

Полученный алгоритм позволяет осуществлять сбор признаков, основанных на параметрах вылетающих капель, таких как количество, скорость, температура, размер, частота появления, скорость остывания, а также температура зоны сварки. Полученные признаки усредняются на нескольких кадрах.

Для эксперимента было записано 25 термограмм, для каждой из которых в четырех точках методом разрушающего контроля сечения шва определены дефекты по стандарту ISO 13919-1:2019. На основе полученных данных была обучена модель градиентного бустинга над решающими деревьями, которая способна предсказывать дефект неполного провара с точностью около 70% по Average Precision (AP).

Выводы. Представленный в работе алгоритм анализа брызг на инфракрасной термограмме способен с достаточно высокой точностью предсказывать дефект неполного провара в реальном времени. В будущем планируется работа по увеличению количества типов дефектов для анализа, а также использования других источников информации, таких как спектрограммы.

Список использованных источников:

1. Li J., Zhang Y., Liu W., Li B., Yin X., Chen C. Prediction of penetration based on plasma plume and spectrum characteristics in laser welding // Journal of Manufacturing Processes. – 2022. – V. 75. – P. 593–604. DOI: 10.1016/j.jmapro.2022.01.032.

2. Huang W., Gao X., Huang Y., Zhang Y. Improved Convolutional Neural Network for Laser Welding Defect Prediction // *Int. J. Precis. Eng. Manuf.* – 2023. – V. 24. – P. 33–41. DOI: 10.1007/s12541-022-00729-9.
3. Ma D., Jiang P., Shu, L., Gong Z., Wang Y., Geng S. Online porosity prediction in laser welding of aluminum alloys based on a multi-fidelity deep learning framework // *J Intell Manuf.* – 2024. – V. 35. – P. 55–73. DOI: 10.1007/s10845-022-02033-9.
4. Sungho K. Min-local-LoG Filter for Detecting Small Targets in Cluttered Background // *Electronics Letters.* – 2011. – Vol. 47. – № 2. – P. 105-106. DOI: 10.1049/el.2010.2066.