

# АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ НА БАЗЕ «ЛАЗЕР-КАМЕРА» ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОПРОКАТА

© 2024 г. Вячеслав Владимирович Коняшов<sup>1,2\*</sup>, А. С. Сергеев<sup>1\*\*</sup>,  
О. А. Колганов<sup>1\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> – Университет ИТМО, 197101 Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49 лит. А

<sup>2</sup> – ООО «НТЦ «Эталон», 197343 Санкт-Петербург, ул. Матроса Железняка, 57 лит. А

\* - [konyashovslavaa@mail.ru](mailto:konyashovslavaa@mail.ru); \*\* - [alex.sergeev115@gmail.com](mailto:alex.sergeev115@gmail.com);

\*\*\* - [kolganoff2014@yandex.ru](mailto:kolganoff2014@yandex.ru)

Для решения задачи автоматизированного контроля качества металлопроката в условиях производственного цикла металлургических предприятий используются системы технического зрения (СТЗ). По результатам обработки данных, полученных СТЗ, производится аттестация поверхности продукции, по результатам которой принимается оперативное решение по логистике произведенной продукции в соответствии с категорией качества, корректируются входные параметры систем автоматического регулирования прокатных станков и технологии производства [1]. Расширение требований к качеству горячекатаного металлопроката, наряду с развитием автоматизированных систем управления технологическим процессом прокатки, накладывают ряд ограничений на реализуемые в СТЗ алгоритмы обработки цифровых изображений, обусловленных условиями производства и требованиями к достоверности результатов контроля [2].

Целью исследований являлась разработка и экспериментальная апробация алгоритмического обеспечения обработки цифровых изображений в СТЗ на базе «лазер-камера», обеспечивающего повышение достоверности автоматизированного детектирования поверхностных дефектов листового горячекатаного металлопроката в реальном времени.

В ходе экспериментального моделирования влияния факторов, связанных с неравномерностью коэффициента отражения поверхности и изменением угла падения лазерного излучения при наличии отклонений от плоскостности листового проката, а также при изменении толщины листа проката установлен диапазон углов триангуляции, при которых происходит частичное и полное искажение изображения, а также определена область интереса (ROI) на матрице камеры, удовлетворяющая условию изменения толщины проката. Установлено, что при нормальной схеме расположения лазера и камеры на фиксированной базе при угле триангуляции  $\alpha = 30^\circ$  от зачищенного участка наблюдается минимальная область засветки, которая может быть исправлена методом двусторонней и медианной фильтрации. При увеличении угла триангуляции на значение  $\Delta\alpha$  более чем  $15^\circ$  наблюдаются области засветки, со значением интенсивности, превышающей интенсивность лазерной линии.

Разработан алгоритм детектирования поверхностных дефектов листового горячекатаного проката для СТЗ, включающий алгоритм обработки исходных изображений для определения положения лазерной линии на изображении (в т.ч. регистрация изображений от блока «лазер-камера»), обработка изображений методами двусторонней и медианной фильтрации, пороговая обработка изображений, фильтрация одиночных выбросов на изображении, поиск центра лазерной линии, анализ и исправления бликов в пределах центра лазерной линии, добавление значений интенсивностей центральной линии лазера в карту интенсивностей, преобразование центральной линии лазера в массив глубин). Результатом реализации алгоритма обработки исходных изображений является построение карты глубин и карты интенсивности поверхности листового металлопроката.

В предложенном алгоритме для повышения достоверности детектирования плоскостных и объемных дефектов осуществляется комплексный анализ карты глубин и карты интенсивностей. Результатом реализации алгоритма детектирования является формирование дефектограмм, содержащих информацию о местоположении дефектов на листе, их количестве и размерах (глубине и площади).

Для реализации алгоритма детектирования поверхностных дефектов листового горячекатаного проката использовались камера технического зрения MX022MG-CM (2048x1088; 2,2 Мп) с объективом LINOS MeVis C (25 мм; F1,6) и линейный лазерный источник освещения Osela Streamline laser (200 мВт; 450 нм).

В ходе экспериментальной апробации алгоритма подтверждена выявляемость поверхностных дефектов горячекатаного металлопроката глубиной от 200 мкм, площадью от 1 мм<sup>2</sup>, а также подтверждена возможность исключения ложных пиков интенсивности на матрице камеры, вызванных бликами и переотражениями лазерной линии в местах зачистки.

Интеграция в СТЗ разработанного алгоритма позволит повысить достоверность результатов автоматизированного контроля качества металлопроката с неравномерной отражающей поверхностью в режиме реального времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Гарбар Е.А., Логунова О.С., Маркевич А.В.* Системы оптического контроля качества поверхности стальной полосы // Известия ТулГУ. Технические науки. 2023. № 2. С. 299—305.
2. *Ковалева И.А.* Исследования дефектов горячекатаного проката сортопрокатного цеха №1 стана 850, имеющих прокатную природу образования, на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» // Литье и металлургия. 2019. № 2. С. 60—66.