

И. Д. Ермушева, Е. Г. Крылов, Н. В. Козловцева

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ ХОЛОДНОКАТАНОГО
ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: app@vstu.ru

В статье описана автоматизированная система диагностирования поверхностных дефектов, предназначенная для снижения количества брака при производстве холоднокатаного листового проката цветных металлов.

Ключевые слова: поверхностные дефекты, холоднокатаный листовой прокат, оптическая система контроля, линейные камеры, автоматизированный контроль поверхности.

I. D. Ermusheva, E. G. Krylov, N. V. Kozlovtsseva

**AUTOMATED SYSTEM FOR DIAGNOSING SURFACE DEFECTS
OF COLD-ROLLED NON-FERROUS METAL SHEETS**

Volgograd State Technical University

The article describes an automated system for diagnosing surface defects, designed to reduce the amount of rejects in the production of cold-rolled non-ferrous metal sheets.

Keywords: surface defects, cold rolled sheet, optical control system, linear cameras, automated surface control.

Одной из основных характеристик качества листового металлопроката является состояние его поверхности. Именно к нему предъявляются самые высокие требования. Качество поверхности аттестуется с учетом дефектов, образующихся на различных переделах металлургического производства.

Продукция цветного холоднокатаного металлопроката используется на предприятиях пищевой, авиационной и автомобильной промышленности. Ее потребители выдвигают все более жесткие требования к таким изделиям, в частности к качеству их поверхности. На большинстве отечественных предприятий контроль качества поверхности листового проката осуществляется визуально работниками ОТК. Однако, из-за присущего специалисту субъективизма, непостоянной природы человеческого зрения и быстрой утомляемости визуальная проверка поверхности металлопроката не дает удовлетворительных результатов. Поэтому в настоящее время ведутся активные работы в области создания автоматизированных приборов и систем контроля качества поверхности листового проката.

Автоматизированная система диагностирования строится на основе оптического метода неразрушающего контроля, так как данный метод предоставляет возможность определять не

только наличие и положение дефекта на поверхности, но и его класс.

В настоящее время данный метод применяется с использованием линейных (строчных) камер. Сенсор таких камер, в отличие от матричных, содержит всего одну линию (строку) пикселей (в редких случаях несколько) и формирует изображения путем сканирования объекта съемки. Также линейные камеры дают изображения без «смаза», то есть применимы для сканирования быстро движущихся объектов. Для контроля поверхности проката были выбраны камеры *HIKROBOT CL Line Scan* с разрешением 4096x2 и частотой 80 кГц.

Скорость и достоверность диагностирования поверхностных дефектов зависит не только от оборудования системы, но и от метода их распознавания. В связи с тем, что определяющим фактором является скорость, с которой должно осуществляться распознавание, наиболее эффективным будет метод, предполагающий наличие аппарата оценки близости не требующего сравнения распознаваемого объекта с каждым элементом обучающего набора. Таким является метод окрестностей, поэтому алгоритм работы системы диагностирования основывается на нем [1].

В качестве математической модели представления распознаваемого дефекта используется модель в виде вектора признаков

$$u = \left(P_{def}, S_{def}, q_{def}, m, \sigma, mw_{HL}^1, mw_{LH}^1, mw_{HH}^1, mw_{HL}^2, mw_{LH}^2, mw_{HH}^2, mw_{HL}^3, mw_{LH}^3, mw_{HH}^3, \sigma w_{HL}^1, \sigma w_{LH}^1, \sigma w_{HH}^1, \sigma w_{HL}^2, \sigma w_{LH}^2, \sigma w_{HH}^2, \sigma w_{HL}^3, \sigma w_{LH}^3, \sigma w_{HH}^3 \right),$$

учитывающая геометрические признаки дефекта (периметр, площадь, компактно), оптические (среднее значение яркости и СКО яркости) и спектральные (среднее значение вейвлет-коэффициентов (ВК) и СКО ВК) [2].

Структурная схема автоматизированной системы диагностирования с подобранными средствами контроля представлена на рис. 1.

Для повышения качества проката система не только диагностирует поверхностные дефекты проката, но и регулирует параметры процесса его производства для их предупреждения или устранения. Такими параметрами являются:

скорость движения полосы, ее натяжение, величина межвалкового зазора и интенсивность обдува поверхности [3].

Для контроля поверхности проката камеры располагаются с двух сторон – фиксирующие дефекты на верхней и нижней стороне прокатного листа соответственно. Линейные камеры устанавливаются в трех местах на линии производства холоднокатаного проката: после травильной ванны, после стана холодной прокатки и после дрессировочного стана (или правочной машины) (рис. 2).

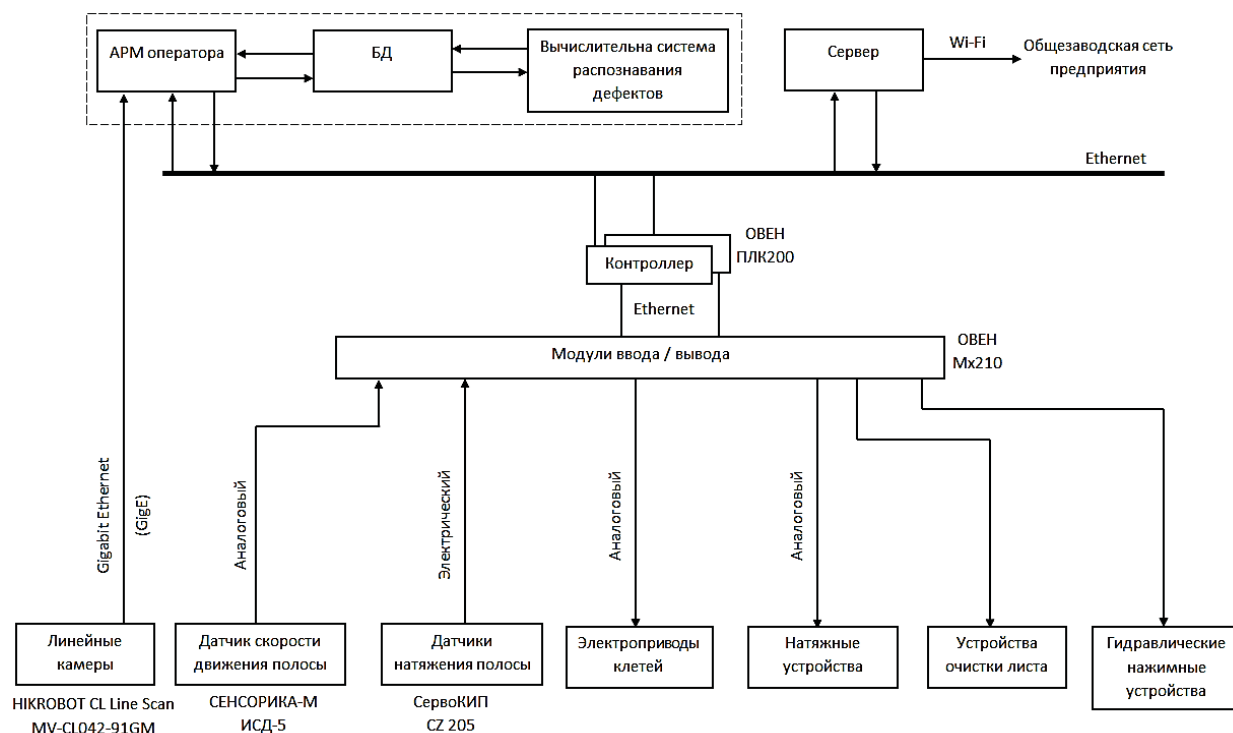


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы диагностирования поверхностных дефектов

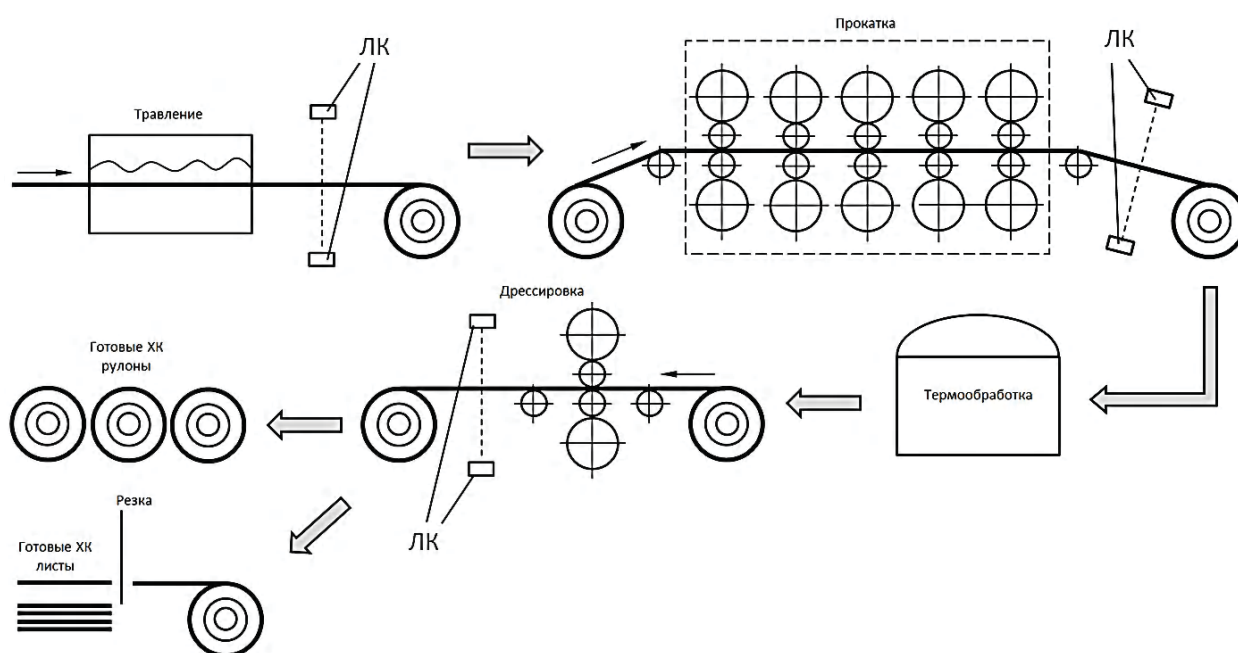


Рис. 2. Расположение линейных камер (ЛК) на линии производства холоднокатаного проката

Перед началом работы системы вводятся параметры прокатки для получения листового проката с заданными характеристиками, допустимые диапазоны этих параметров и шаг изменения, с которым система будет осуществлять корректировку.

Алгоритм работы системы условно можно поделить на две связанные составляющие, а именно – распознающую (классифицирующую) дефект и предотвращающую появление распознанного дефекта (регулирующую). Алгоритмы представлены на рис. 3 и 4.

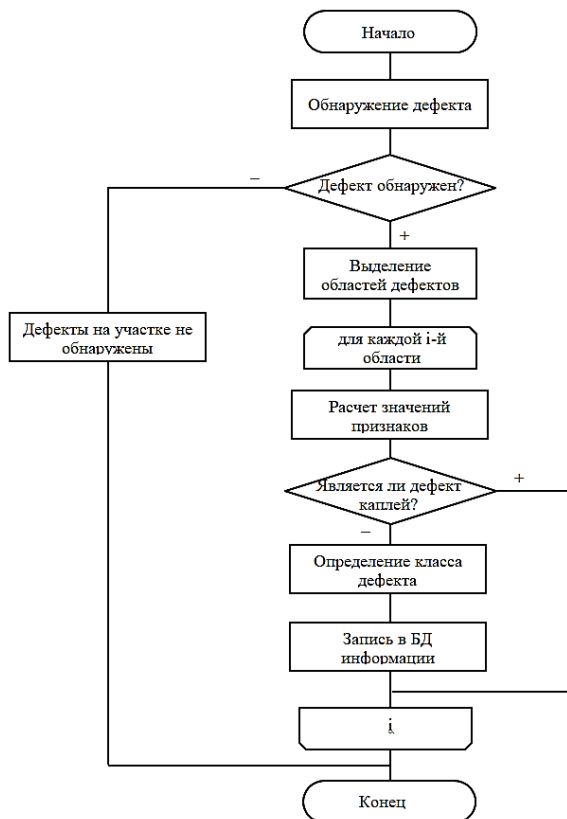


Рис. 3. Алгоритм распознавания поверхностных дефектов

Конечным результатом работы системы является повышение достоверности контроля качества поверхности холоднокатаного листового проката во время его производства, а также предоставление информации о качестве поверхности всей выпущенной партии проката.

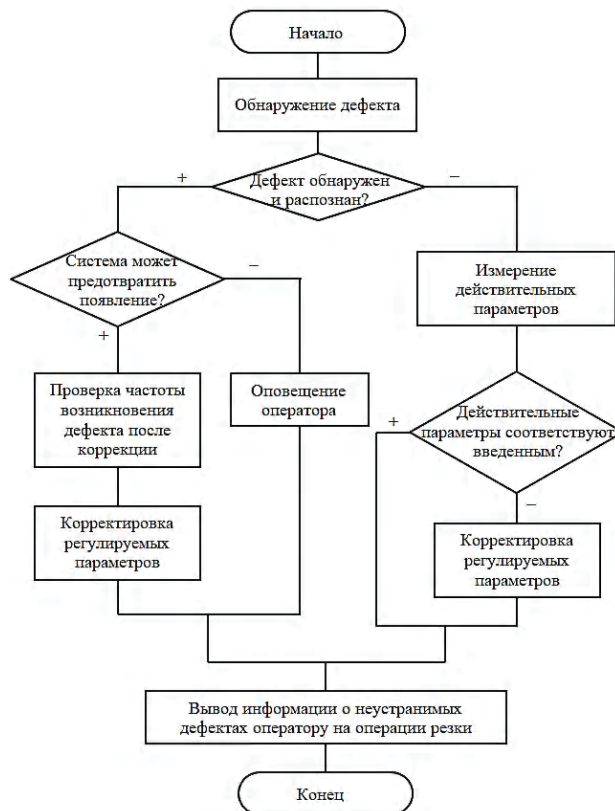


Рис. 4. Алгоритм регулирования процесса прокатки

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Москва : Техносфера. – 2005. – 1072 с.
2. Соловьев, Н. А. Компьютерное зрение в задачах идентификации и распознавания поверхностных дефектов тонколистового проката : монография / Д. П. Бугаев, М. И. Кузьмин, Н. А. Соловьев ; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2019 – 128 с.
3. Восканьянц, А. А. Автоматизированное управление процессами прокатки : учеб. пособие / А. А. Восканьянц ; Московский гос. тех. ун-т им. Н. Э. Баумана. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 85 с.