

Д. К. Тен  
(Новосибирск)

МЕТОДИКИ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
В АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Представлена методика обработки изображений цилиндрических изделий с целью повышения качества контроля при производстве. Предложен способ классификации дефектов по их характерным признакам.

Введение. При производстве цилиндрических изделий небольшого размера существует проблема контроля качества выпускаемой продукции. Если к целостности поверхности изделия предъявляются высокие требования, то его качество напрямую зависит от соблюдения геометрических параметров. В процессе изготовления изделия возможны следующие дефекты: сколы, выкрашивания, трещины, поры. В нашей стране до настоящего времени контроль качества изделий подобного рода производился в основном контролерами визуально. Чтобы исключить субъективный фактор, необходимо создать автоматический комплекс, позволяющий бесконтактным способом выполнять контроль изделий.

Целью данной работы является создание методик выявления дефектных областей на изображениях цилиндрических изделий, классификации дефектов и измерение их параметров для повышения эффективности контроля. В качестве входных данных рассматривается либо изображение развернутой боковой стороны изделия, полученное при съемке линейной камерой, либо изображения торцов, снятые обычной камерой.

Схема регистрации. При обработке торца исходное эллиптическое изображение из полярных координат преобразуется в прямоугольные (рис. 1) с учетом его эксцентриситета. Полученное изображение представля-

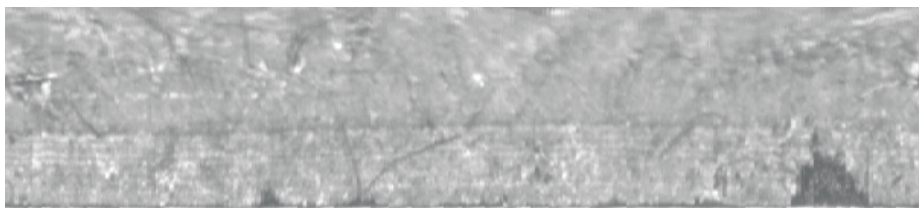


Рис. 1

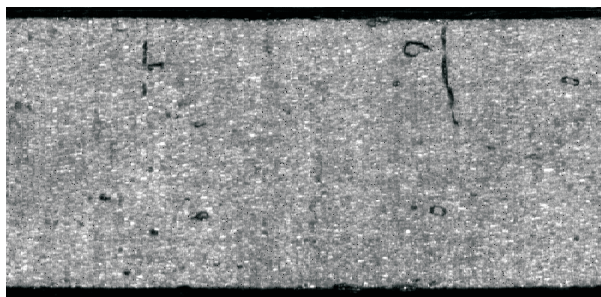


Рис. 2

ет собой развернутую боковую поверхность (рис. 2) либо развернутый торец (см. рис. 1) и является исходным для алгоритма. Обнаружение дефектов основано на получении высококонтрастных изображений объектов с помощью специального освещения, т. е. расположение считывающей линейки, камеры и источников света выбирается так, чтобы дефекты на изображении выглядели темнее либо светлее фона.

Процесс обработки состоит из следующих этапов:

- фильтрации изображения,
- разделения дефектных областей и фона,
- объединения дефектных областей,
- вычисления признаков дефектов,
- классификации дефектов.

Фильтрация изображения. Из-за возможной неравномерности распределения яркости вдоль строки изображения каждая строка исходных данных выравняется по яркости следующим образом:

$$f = C(f_0/\bar{f}),$$

где  $f_0$  – исходная яркость пикселя;  $\bar{f}$  – среднее значение яркости в строке;  $C$  – яркостная константа, равная среднему значению яркостного диапазона. Высокочастотный шум подавляется фильтром Гаусса [1].

Разделение дефектных областей и фона. После яркостной коррекции изображения (рис. 3, *a*) появляется возможность разделения элементов изображения по яркостным признакам. Гистограмма распределения яркости становится подобной распределению Гаусса. Выделение дефектов по одному

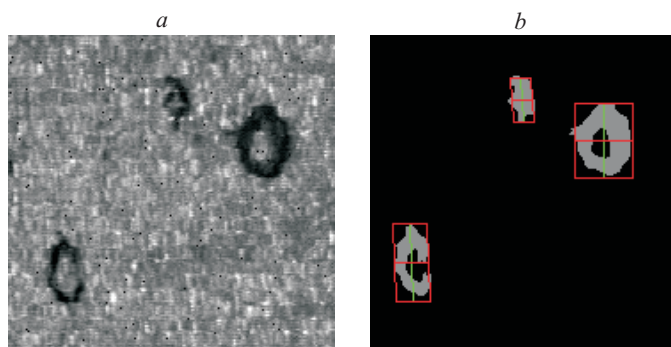


Рис. 3

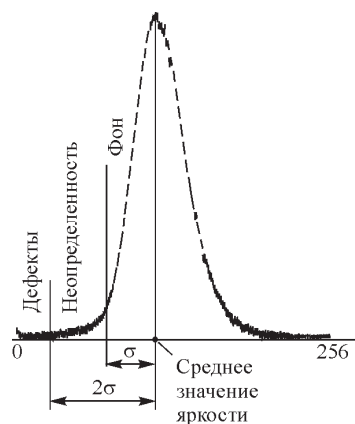


Рис. 4

порогу дает неудовлетворительный результат, так как очень велик диапазон тех значений яркости, которые могут быть отнесены как к дефектам, так и к фону (изделию). Поэтому применяется разделение всех значений яркости на три диапазона (класса): фон, дефект, неопределенность (рис. 4). Уровень порогов выбран пропорционально дисперсии яркости изображения.

Объединение дефектных областей. Далее трехуровневое изображение переводится в бинарное с использованием морфологической обработки [2]. Все точки, которые попали в класс неопределенности, должны быть отнесены к какому-то определенному классу. Вокруг такой точки в квадратной области вычисляется количество соседей, при-

надлежащих каждому из классов. По преобладающему количеству соседей одинакового класса точка относится к этому классу. Возможна ситуация, когда неопределенный пиксель остается неопределенным. Такие точки обрабатываются повторно. Этот процесс быстро сходится, неопределенных точек с каждым проходом становится существенно меньше. В итоге получается бинарное изображение с разделенными дефектами и фоном (рис. 3, б).

Вычисление признаков дефектов. Каждый выявленный дефект характеризуется координатами центра масс, ориентацией, площадью, соотношением площадей дефекта и описанного прямоугольника (плотностью), соотношением осей. Площадь каждого дефекта вычисляется методом разливки. Находим координаты центра масс [3]:

$$x_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad y_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i,$$

где  $N$  – число точек, относящихся к дефекту.

Под ориентацией понимается угол между максимальной осью инерции и осью  $X$  (рис. 5). Максимальная ось инерции – это ось, вдоль которой вытянут дефект и которая соответствует минимальному моменту инерции. Длины максимальной  $a$  и минимальной  $b$  осей вычисляются следующим образом [1, 2]:

$$a = 2\sqrt{2} \sqrt{U_x U_y C}, \quad b = 2\sqrt{2} \sqrt{U_x U_y C},$$

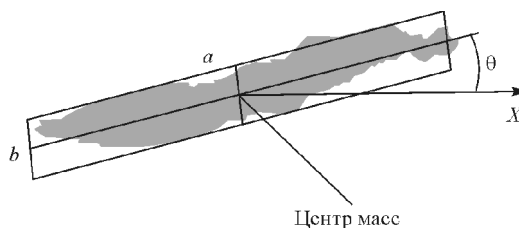


Рис. 5

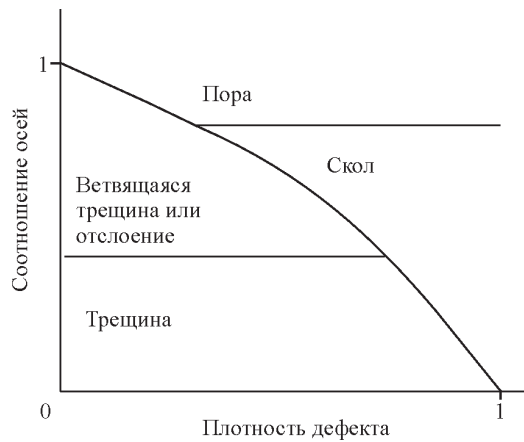


Рис. 6

где

$$U_x = \frac{1}{12} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - x_c)^2; \quad U_y = \frac{1}{12} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - y_c)^2;$$

$$C = \sqrt{(U_x - U_y)^2 + 4U_{xy}^2}; \quad U_{xy} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - x_c)(y_i - y_c).$$

Угол  $\alpha$  вычисляется как

$$\alpha = \arctg \frac{U_x - U_y + C}{2U_{xy}}, \quad U_y > U_x;$$

$$\alpha = \arctg \frac{2U_{xy}}{U_x - U_y + C}, \quad U_y < U_x.$$

**Классификация дефектов.** Для принятия решения о годности изделия необходима классификация найденных дефектов. Существуют следующие основные их типы: пора, скол, трещина и отслоение. Допустимые отклонения в размерах для каждого типа дефектов различны и считаются известными. Эти типы имеют свойственные им особенности:

- для сколов и пор характерна большая плотность, в то время как для трещин и отслоений – малая;
- у трещин оси инерции сильно различаются;
- ветвящаяся трещина или отслоение имеют малую плотность и их главные оси инерции различаются незначительно.

В данном случае задача классификации сводится к определению типа дефекта по его вычисленным признакам: плотности и соотношению осей инерции ( $b/a$ ). На рис. 6 показан способ разделения дефектов на типы в зависимости от их признаков [4].

**Заключение.** Созданная методика обработки изображений цилиндрических изделий позволяет преобразовывать и анализировать изображение, оценивать параметры дефектов и проводить сравнение с визуальным способом контроля.

Алгоритм реализован в виде программы, которая была опробована на изображениях цилиндрических деталей небольшого размера и показала возможность выявления и классификации дефектов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. М.: Мир, 1982.
2. Рудаков П. И., Сафонов И. В. Обработка сигналов и изображений. М.: Диалог-МИФИ, 2000.
3. Хорн Б. К. П. Зрение роботов. М.: Мир, 1989.
4. <http://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn253/idn253.htm>  
(Aguirre F., Domingo A. Fuel pellets automatic visual inspection // Proc. 15th World Conf. on Non-Destructive Testing. Roma, 2000).

Институт автоматки и электрометрии СО РАН,  
E-mail: [tdk@iae.nsk.su](mailto:tdk@iae.nsk.su)

Поступила в редакцию  
12 февраля 2004 г.