

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

Адамов В.Г., Гатилова Ю.С.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра автоматизированных систем управления

E-mail: adamov@ipo.donntu.edu.ua

Abstract

In article is considered problem of the feature extraction surface defect sheet renting, type spume, for determination degree marriage. Given problem is actual, since its decision required for building specialized computer system of the diagnostics surface defect sheet renting.

Общая постановка проблемы. Постоянное совершенствование систем контроля качества металлопродукции необходимо для повышения уровня конкурентоспособности изделий отечественных заводов на мировом рынке. Одной из задач систем контроля является определение степени брака металлоизделий.

Наиболее сложно определять степень брака при наличии дефектов типа плена на поверхности листового проката. В настоящее время выполняется диагностика качества поверхности листового проката, имеющего дефекты типа плена, используя визуальный и лабораторный контроль. В результате проведения диагностики принимается решение в отношении готовой продукции о соответствии требованиям, установленным для экспортных продаж. Существующие системы диагностики качества листового проката решают поставленные задачи недостаточно точно и с большими затратами времени.

Постановка задач исследования. В данной работе предлагается для повышения быстродействия и точности определения степени брака использовать компьютерную систему диагностики, принимающую решение на основании результатов обработки снимков поверхности листового проката.

Постановка задачи компьютерной обработки оцифрованного снимка поверхности листового проката, содержащего поверхностный дефект типа плена:

1. Определить на оцифрованном снимке поверхности листового проката признаки, позволяющие идентифицировать дефект поверхности типа плена.
2. Выделить классы с разной степенью брака поверхностного дефекта типа плена и найти приоритетные признаки дефекта для каждого класса.
3. На основе выделенных приоритетных признаков класса дефекта типа плена разработать компьютерную систему диагностики степени брака поверхности листового проката.

Решение задач и результаты исследования. Выполнено исследование набора цифровых снимков поверхности листового проката, содержащих дефект типа плена, которое позволило выделить набор характерных признаков данного вида дефекта. Признаки могут определять дефект как инородный объект на поверхности листа или как часть поверхности листа, используя отличия в цветном пространстве цифрового изображения.

Среди признаков характеризующих дефект поверхности листового проката как плену наиболее значимым является отслоение металла “языкообразной” формы, односторонне соединённое с основным металлом. Используя данный признак и выполнив оконтуривание области предполагаемого дефекта на оцифрованном снимке поверхности листового проката, можно определять тип дефекта. Выделение контура отслоения металла на оцифрованном снимке позволяет вычислить площадь и другие числовые параметры. Площадь отслоения является важным показателем при установлении степени брака.

Для определения наиболее эффективного метода оконтуривания рассмотрен ряд методов выделения контура объекта, рекомендуемых в литературе. Сравнение эффективности оконтуривания различными методами областей с предполагаемым дефектом на снимках листового проката выполнено с использованием программного пакета MATLAB. Исследованы следующие группы методов:

- методы, использующие для выделения признаков объекта повышение контрастности изображения [1, 2, 3];
- методы, применяющие для выделения контура объекта бинаризацию изображения и отделяющие объект от фона при различных уровнях порога яркости [4,5];
- методы выделения признаков контура объекта, использующие фильтрацию оцифрованного снимка [3, 6,7];
- методы выделения контура на основе морфологической обработке цифрового снимка [1, 2];
- методы выделения контура объекта, использующие гранулометрическую обработку оцифрованного снимка [8].

В результате проведения машинных экспериментов установлено, что наиболее эффективным методом обработки изображения предполагаемых дефектов является метод гранулометрии. Использование этого метода позволяет получить контур изображения дефекта с площадью, составляющей 84% от реальной площади дефекта типа плена.

Для уточнения контура изображения дефектов типа плена выполнено некоторое видоизменение метода гранулометрии, суть которого в следующем.

1. Предложено построение карты объектов выполнять не по размеру окрестности, как это осуществляется в стандартном методе (рис. 2), а по размеру области пикселей изображения с однородной интенсивностью, которая соответствует исследуемому параметру (рис.3). Объект карты представлял собой область изображения, размеры которой сравнивались с окном метода гранулометрии.

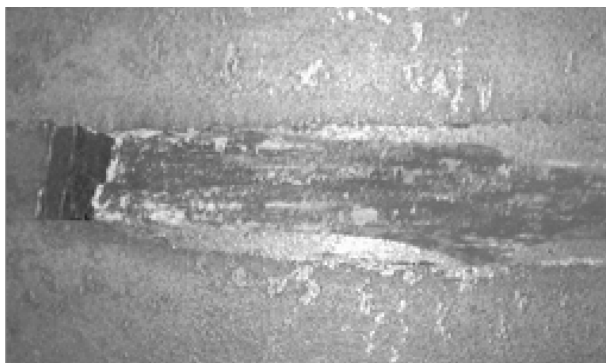


Рисунок 1 – Исходное оцифрованное изображение поверхностного дефекта типа плена

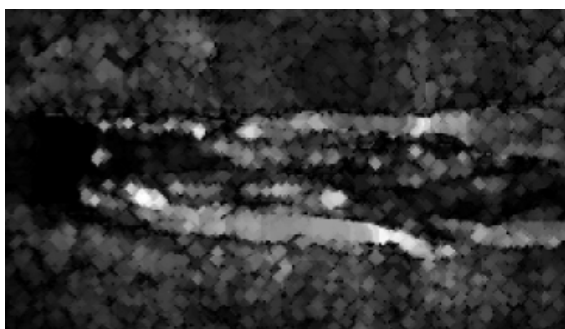


Рисунок 2 – Результат построения карты стандартным методом гранулометрии

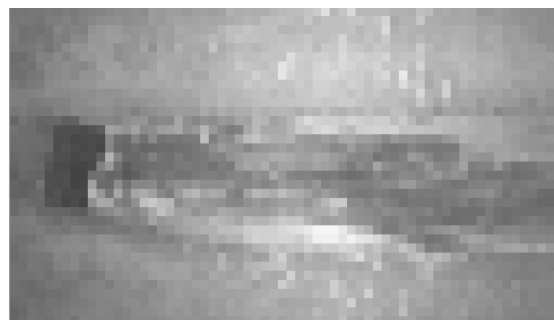


Рисунок 3 – Результат построения карты модифицированным методом гранулометрии

2. Для построения карты по каждому параметру и выделения признаков поверхностного дефекта использовано цветное изображение.

Установлено, что каждый параметр классификации принадлежит определённой области цветового пространства. Для выделения этих параметров метод гранулометрии применен совместно с сегментацией RGB-пространства. Выполнена сегментация объектов RGB-пространства, цвет которых лежит в установленном диапазоне. В качестве меры подобия при проведении этой операции принято эвклидовое расстояние [1]. Каждый компонент данной области представлял собой совокупность из трёх составляющих цветового пространства. Эвклидовое расстояние оценивалось по формуле:

$$R(z, a) = [(z_R - a_R)^2 + (z_G - a_G)^2 + (z_B - a_B)^2]^{1/2}, \quad (1)$$

Где a - определяет среднее значение эталонного диапазона, z - компонента объекта карты в RGB-пространстве. Таким образом, z подобна a , если эвклидово расстояние не превышает между ними граничное значение R_0 : $R(z, a) \leq R_0$. Для определения процентного значения интенсивности пикселя изображения использовалось следующее выражение:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^3 X_j}{(X_{1\max} + X_{2\max} + X_{3\max})} * 100\%, \quad (2)$$

$$i = 1, \dots, m * n$$

Здесь, P_i - интенсивность пикселя в процентном соотношении, $m * n$ - размерность изображения. $\sum_{j=1}^3 X_j$ - сумма интенсивностей синей, зеленой и красной составляющей пикселя изображения. Максимальное значение интенсивности цветной составляющей пикселя равняется 100%, поэтому $X_{1\max} = X_{2\max} = X_{3\max} = 100\%$.

3. При исследовании дефектов, связанных с отслоением металла выполнялась предварительная обработка изображения сглаживающим и пороговым фильтрами, а также инвертирование значений пикселей области поверхностного дефекта.

Применение модифицированного метода гранулометрии при обработке снимков поверхностного дефекта позволило выделять 94,5% площади дефекта. Для уточнения площади дефекта использовались не прямые параметры, значения которых получены на этапе классификации. В итоге оказалось возможным выделение более 99% площади поверхностного дефекта типа плена. Результаты выделения на изображении поверхности проката области отслоения металла с использованием стандартного метода гранулометрии и с использованием модифицированного метода представлены соответственно на рис. 4 и рис. 5.

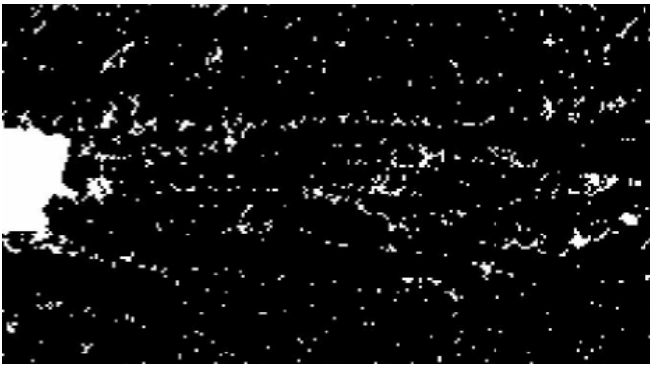


Рисунок 4 – Результат выделения отслоения металла стандартным методом гранулометрии



Рисунок 5 – Результат выделения отслоения металла модифицированным методом гранулометрии

На основе проведенных исследований были определены размеры окон, используемых при обработки оцифрованного изображения как на этапе классификации так и на этапе выделения отслоения.

Для определения параметров классификации целесообразно использовать окно размером 8x8 пикселей, а для выделения отслоения металла „языкообразной” формы – 4x4 пикселя.

Выделение отслоения металла „языкообразной” формы на цифровом снимке поверхности листа позволяет идентифицировать поверхностный дефект как плену, а признаки данного дефекта, выделяемые из цветового пространства снимка, позволили принять решение о степени брака.

Классификация поверхностного дефекта даёт возможность принимать решение о степени брака, анализируя не все признаки данного дефекта, а только наиболее существенные для данного класса дефекта.

В процессе решения задачи определения степени брака необходимо выполнить анализ цифровых снимков и выявить для каждого класса дефекта характерные признаки:

$$Q_N = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_\alpha\}, N = 1, 2, \dots, 5, \quad (3)$$

где N определяет – к какому классу принадлежит ряд характерных признаков Q_N .

Таким образом, имеется всего N возможных распределений:

$$F_i(X) = F(X; Q_i), i = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

Здесь X - исследуемый цифровой снимок плени. Если предполагать, что каждый раз при анализе цифрового изображения дефекта-плени одно из распределений N соответствует действительному распределению, то множество решений по классификации дефекта имеет вид, представленный выражением (5).

$$D_N = \{D_1, D_2, \dots, D_N\}, N = 1, 2, \dots, 5 \quad (5)$$

Учитывая выражение (5), можно сделать вывод, что в качестве действительного распределения целесообразно выбрать F_i , $i = 1, 2, \dots, N$. Таким образом, задача классификации состоит в том чтобы определить какое из распределений F_1, F_2, \dots, F_N истинно.

Разделение поверхностных дефектов листового проката типа плена на классы, характеризующие степень брака, было выполнено по результатам проведенных исследований:

1. Выполнен анализ описаний поверхностных дефектов в специализированной литературе, технической документации заводской лаборатории, и использованы данные экспертов-технологов.

2. Проведен анализ эталонных снимков поверхности листа проката, содержащего поверхностный дефект – плену. Степень дефекта была предварительно исследована лабораторными методами и оценена экспертами.

В результате было выделено 5 классов дефекта типа плена, представленных в таблице 1.

Таблица 1.

Класс поверхностного дефекта типа плена	Параметры, которые определяют степень брака	Рекомендация	
		Зачистка	Отбраковка
1 класс	Размер отслоения металла “языкообразной” формы	5-50 мм	Более 50мм
2 класс	Область с желто-коричневою интенсивностью составляет	Менее 20% дефекта	Более 20% дефекта
3 класс	Размер отслоения металла “языкообразной” формы	5-50 мм	Более 50мм
	Область с желто-желтогорячею интенсивностью составляет	Менее 5% дефекта	Более 45% дефекта
	Область с желто-коричневою интенсивностью составляет	Менее 20% дефекта	Более 20% дефекта
	Область с красно-коричневою интенсивностью составляет	Менее 30% дефекта	Более 30% дефекта
4 класс	Размер отслоения металла “языкообразной” формы	5-50 мм	Более 50мм
	Область с желто-желтогорячею интенсивностью составляет	Менее 45% дефекта	Более 45% дефекта
	Область с красно-коричневою интенсивностью составляет	Менее 30% дефекта	Более 30% дефекта
5 класс	Размер раковины	5-50 мм	Более 50мм
	Область с ясно-коричневою интенсивностью составляет	Менее 45% дефекта	Более 45% дефекта

Для каждого из классов определены эталонные распределения всех параметров и их средние значения. Это позволило классифицировать листовой прокат в отношении степени брака по снимкам предполагаемого дефекта.

Разработано специальное программное обеспечение в среде Borland C++ Builder 6.0, позволяющее выполнить следующие функции:

- проводить исследования цифрового снимка поверхности листового проката на наличие дефекта типа плена;
- выделять область дефекта на оцифрованном снимке поверхности листового проката;
- оценивать размеры дефекта и определять характерные признаки;
- выполнять классификацию выявленных дефектов по степени брака;
- сохранять получаемые результаты.

Разработанное специальное программное обеспечение позволило реализовать компьютерную систему диагностики качества поверхности листового проката, которая увеличила точность при определении степени брака на 17%.

Выводы.

1. Выполнена модификация метода гранулометрии, что позволило в результате обработки оцифрованных снимков поверхности проката выделять более 99% площади поверхностного дефекта типа плена.

2. По результатам анализа поверхностных дефектов проката выделено 5 классов дефекта типа плена, определены эталонные распределения параметров, характеризующих каждый класс, что позволило разработать программные средства классификации листового проката в отношении степени брака по снимкам предполагаемого дефекта.

3. Разработанная компьютерная система диагностики качества поверхности листового проката позволяет:

- ускорить проведение операций контроля качества;
- повысить на 17% точность при определении степени брака.

Результаты, получаемые при обработке цифровых изображений рассмотренными методами, дают возможность разработки и внедрения в производство листового проката компьютерных систем оперативного контроля поверхности, работающих в режиме реального времени.

Литература

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера, 2005. – с. 1072.
2. Прэт У. Цифровая обработка изображений.: Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. - Кн.2. – с. 480, илл.
3. Ярославський П.П. Введення в цифрову обробку зображень. - М.: Сов. радіо, 1979. – с. 312, іл.
4. Фурман Я.А., Юрьев А.Н., Яншин В.В. Цифровые методы обработки и распознавания бинарных изображений. - Красноярск: В Краснояр. ун-те, 1992. – с.248.
5. Фурман Я.А., Кревецкий А.В., Передреев А.К., Роженцов А.А., Хафеев Р.Г., Егошина И.Л. Введение в контурный анализ; приложение к обработке изображений и сигналов: Под ред. Я.А. Фурмана - 2-е изд., вып. - М.: Физматлит, 2003. – с. 592.
6. Дюбуа Д., Прад А. К анализу и синтезу нечётких отображений. / в сб. "Нечёткие исчисления и теория вероятности", ред. Р. Ягера - М; Радио и связь, 1986. – с. 426.
7. Дуда Р, Харт П. Распознавание образов и анализ сцен.: Пер. с англ. - М.: Мир, 1976. – с. 507, илл.
8. Материалы по обработке цифровых изображений. Стандартизация автоматизированных методик контроля микроструктуры./ Электронный ресурс. Способ доступа: URL: <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/>.

