

Д.Н. СТАРОДУБОВ

Определение процентного соотношения феррита и перлита в стали по снимку микроструктуры

УДК 004.932.4

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
Александра
Григорьевича и Николая
Григорьевича
Столетовых», г. Муром

В статье рассмотрен алгоритм автоматического определения процентного соотношения перлита и феррита в стали по снимку микроструктуры.

Article describes algorithm of automatic calculation of the percentage of ferrite and pearlite in the steel using the microstructure image

В соответствии с ГОСТ 8233-56 соотношение феррита и перлита в микроструктуре стали определяется визуальным сопоставлением структуры исследуемого образца с эталонами шкал, приведенными в стандарте (рисунок 1).

Для более точного количественного анализа могут быть использованы линейный или планиметрический методы.

Для автоматизации данной задачи нет необходимости в выделении и распознавании объектов. Достаточно выделить на изображении множество темных точек, представляющих перлит и множество светлых точек, соответствующих ферриту. Подсчитав мощность каждого множества, получим нужное процентное соотношение. При этом следует учитывать наличие на изображении темной сетки на границах зерен. Она не является перлитом и должна быть удалена с изображения перед подсчетом точек.

Таким образом, для решения данной задачи должен быть применен следующий алгоритм:

1. Сегментация исходного полутонового изображения по некоторому порогу [1].
2. Заливка дыр малых размеров, которые могли появиться на темных областях в результате сегментации [2].
3. Устранение с изображения темной сетки на границах зерен.

4. Подсчет количества темных и светлых точек, оставшихся на изображении, определение ферритно-перлитного соотношения.

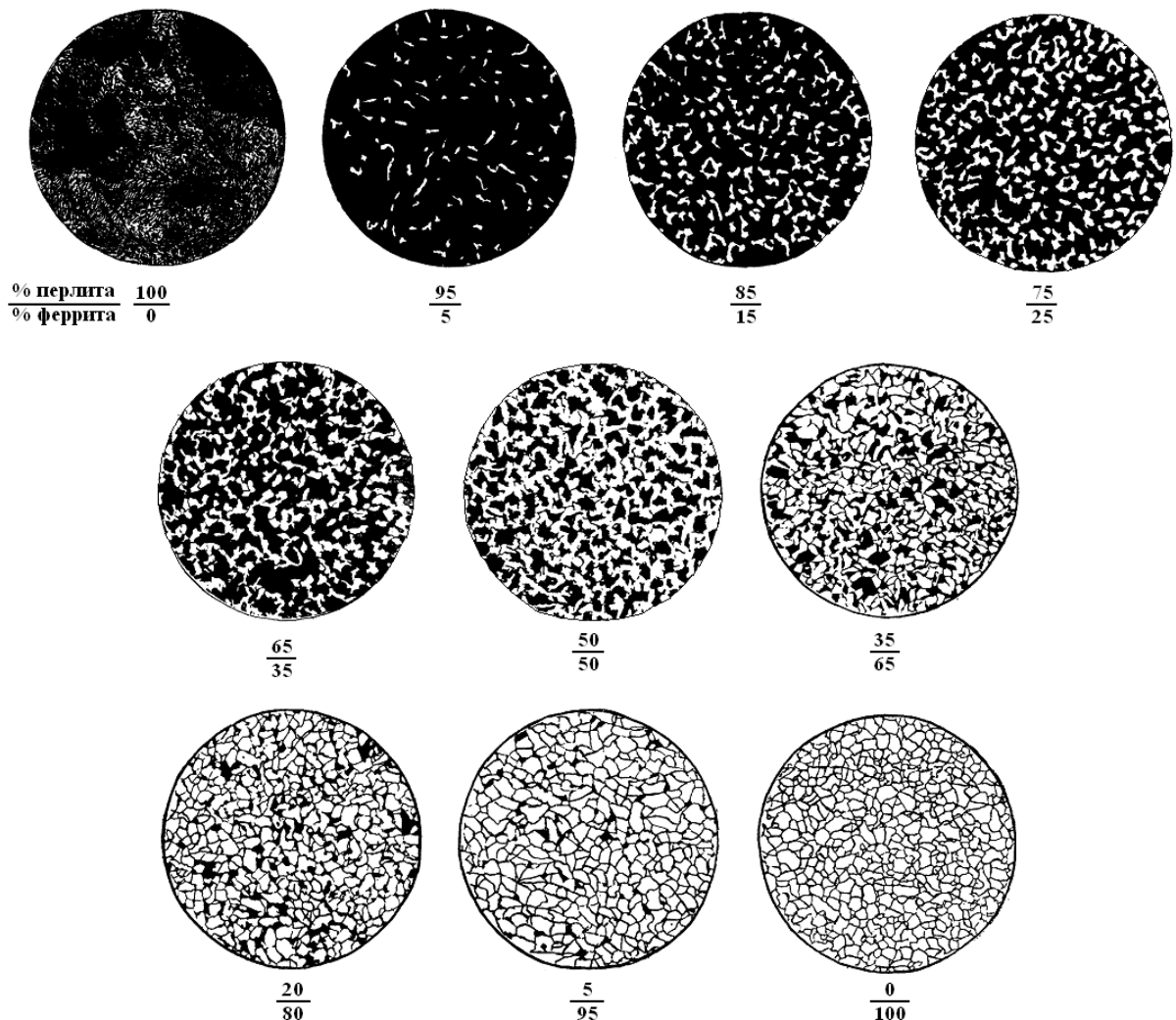


Рис. 1. Шкала эталонных структур из ГОСТ 8233-56.

На вход системы металлографического анализа [3] подается изображение микроструктуры стали, для которого необходимо вычислить долю феррита и перлита (рисунок 2).

Изображение может содержать градации серого цвета (полутоновое), либо хранить только черно-белые отсчеты (бинарное). Цветное изображение будет преобразовано к полутоновому извлечением значений одного из яркостных каналов, что не гарантирует правильности преобразования, поэтому такие типы изображений не рекомендуются к обработке.



Рис. 2. Исследуемая микроструктура стали.

Производится сглаживание изображения с использованием медианного фильтра квадратной маской размером 3×3 . После чего сглаженное изображение сегментируется (рисунок 3).



Рис. 3. Сегментированное изображение микроструктуры стали.

На полученном изображении содержатся крупные темные области неправильной формы, представляющие собой включения перлита и малоразмерные темные объекты, большинство которых представляет собой шум, полученный из-за грязи на шлифе металла. Для его удаления используются морфологические операции, для

которых может быть задан заранее размер используемой маски. От него зависит размер объектов, удаляемых с изображения и диаметр затягиваемых дыр.

Принцип работы морфологических алгоритмов приведет к удалению не только точечных объектов, но и устранению с изображения тонких линий, что позволит удалить линии темной сетки на границе зерен, не изменяя формы перлитных включений.

После операции удаления малоразмерных объектов изображение приобретает вид, показанный на рисунке 4.



Рис. 4. Изображение после удаления малоразмерных объектов.

Подсчет числа темных точек на получившемся изображении позволяет оценить количество перлита, содержащегося в данной микроструктуре. Для определения количества феррита необходимо отбросить светлые точки, не попавшие в пределы шлифа. Поскольку снимок, получаемый обычным металлографическим микроскопом, имеет форму круга, как это и показано на рисунках 2 – 4, а вычислительная техника работает с изображениями прямоугольного формата, по краям изображения возникают области, не принадлежащие снимку.

Для определения границ снимка на обработанном изображении определяются минимальные и максимальные координаты темных объектов по осям X и Y (первая и последняя темные точки, встречающиеся при сканировании изображения). Затем вычисляются разности одноименных координат. Большая разность считается

диаметром снимка (1). Пример определения диаметра снимка показан на рисунке 5.

$$D = \max\{X_{\max} - X_{\min}; Y_{\max} - Y_{\min}\} \quad (1)$$

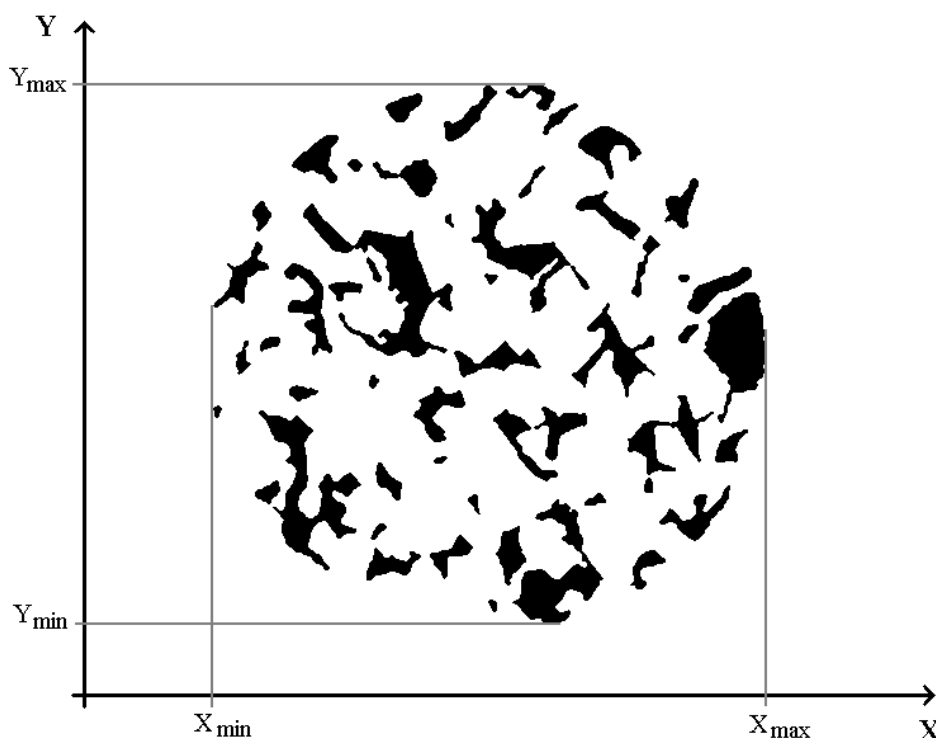


Рис. 5. Определение проекций снимка на оси координат.

Зная диаметр снимка и общую площадь перлита на нем, можно получить значение площади, занятой ферритом по формуле (2) (по ГОСТ 8233-56).

$$S_f = \frac{\pi D^2}{4} - S_p \quad (2)$$

где S_f – площадь, занятая ферритом;
 S_p – общая площадь перлита;
 D – диаметр снимка.

Получив значения площадей, занятых перлитом и ферритом на снимке, вычисляется процентное соотношение этих двух составляющих и балл, соответствующий данному соотношению.

Таблица 1

Баллы процентного соотношения перлита и феррита

Балл	Содержание, %	
	перлита	феррита
1	100	0
2	95	5

3	85	10
4	75	25
5	65	35
6	50	50
7	35	65
8	20	80
9	5	95
10	0	100

Литература

1. *Стародубов, Д.Н.* Алгоритмы предварительной обработки изображений микроструктур / Д.Н. Стародубов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2010. – № 15. – С. 179-185.

3. *Стародубов, Д.Н.* Алгоритм удаления малоразмерных объектов с металлографических снимков / Д.Н. Стародубов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2009. – № 14. – С. 170-175.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008614122. Программа автоматического анализа металлографических и дефектоскопических снимков / Стародубов Д.Н. – № 2008613151; заявл. 09.07.2008 ; опубл. 29.08.2008.