

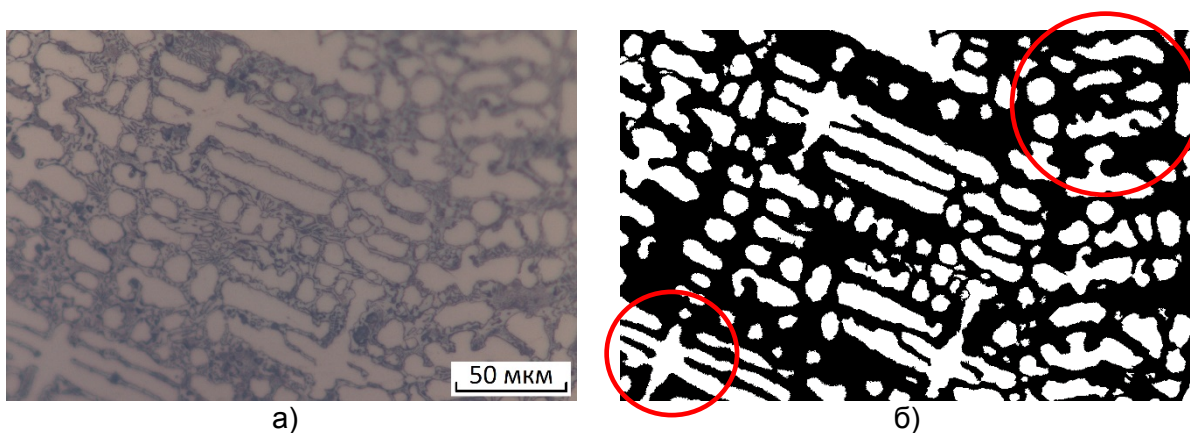
ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ СТРУКТУР РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пережогин В.Ю., Ахмедова Т.Ш., Кудря А.В., Соколовская Э.А.
НИТУ «МИСис», г. Москва, Россия, perevitayr@mail.ru

Скорость развития технологий в мире непрерывно растёт, а вместе с ней изменяются методы работы во многих областях науки. Сейчас является очевидным тот факт, что классические методы металлографии являются устаревшими: они очень трудоёмки, занимают много времени, их субъективность не всегда обеспечивает воспроизводимый результат. Поэтому становится необходимым создание новых методов обработки изображений структур, которые смогут дать их сопоставимые количественные оценки.

Вопрос воспроизводимости результатов может решить компьютерный анализ изображений [1-3], при этом важно заметить, что все этапы подготовки изображений вносят вклад в конечный результат: шлифование и полировка образцов, травление шлифов, съёмка шлифов, подготовка изображений, бинаризация, фильтрация, измерение.

При ручном варианте шлифования и полировки всегда возникают неровности шлифа, вследствие чего появляются расфокусированные области на изображениях оптической микроскопии, особенно при больших увеличениях (x500 и выше). Данный вид неровности существенно сказывается на этапе бинаризации и измерения объектов: при отсутствии фокуса в области крупные объекты уменьшаются, а мелкие и вовсе исчезают (рис. 1).



а – исходное изображение; б – бинарное изображение с указанием области без фокуса
Рисунок 1 - Влияние различий в фокусе на размер объектов

Такая проблема решается с помощью автоматического шлифовально-полировального станка, который рекомендуется использовать в условиях современных технологий. Становится ясным, что ручные непрофессиональные шлифование и полировка уже не могут использоваться для получения объективных значений измеряемых параметров.

Травление шлифов является одним из самых важных этапов подготовки изображений, хотя чаще всего методикам травления не уделяется особого внимания. «Перетрав» шлифов изменяет размер контролируемых элементов структуры, поэтому время травления должно быть минимально необходимым, что требует корректировки режимов травления для каждого нового изображения структуры. Для некоторых сплавов структуру отчётливо видно без травления. Так как травление в таких случаях создаёт новую группу объектов – их границу, то это несколько уменьшает размер

измеряемых элементов структуры. Можно заметить, что в таком случае не все группы объектов могут быть видны до травления. В таком случае травление нужно использовать для выявления только определённой группы объектов. В некоторых случаях для разных групп объектов травитель может отличаться.

Перед этапом съёмки изображений микроскоп должен быть откалиброван. Для сопоставимости и воспроизводимости результатов очень важно использование микроскопов с одинаковой схемой съёмки, поскольку при съёмке сверху фоновый свет может вносить вклад в результат, в отличие от съёмки снизу.

Формат изображений не вносит значимых изменений (см. табл.), но при изменении формата на каждом этапе это может быть существенным. Поэтому рекомендуется использовать постоянно одинаковый формат изображений.

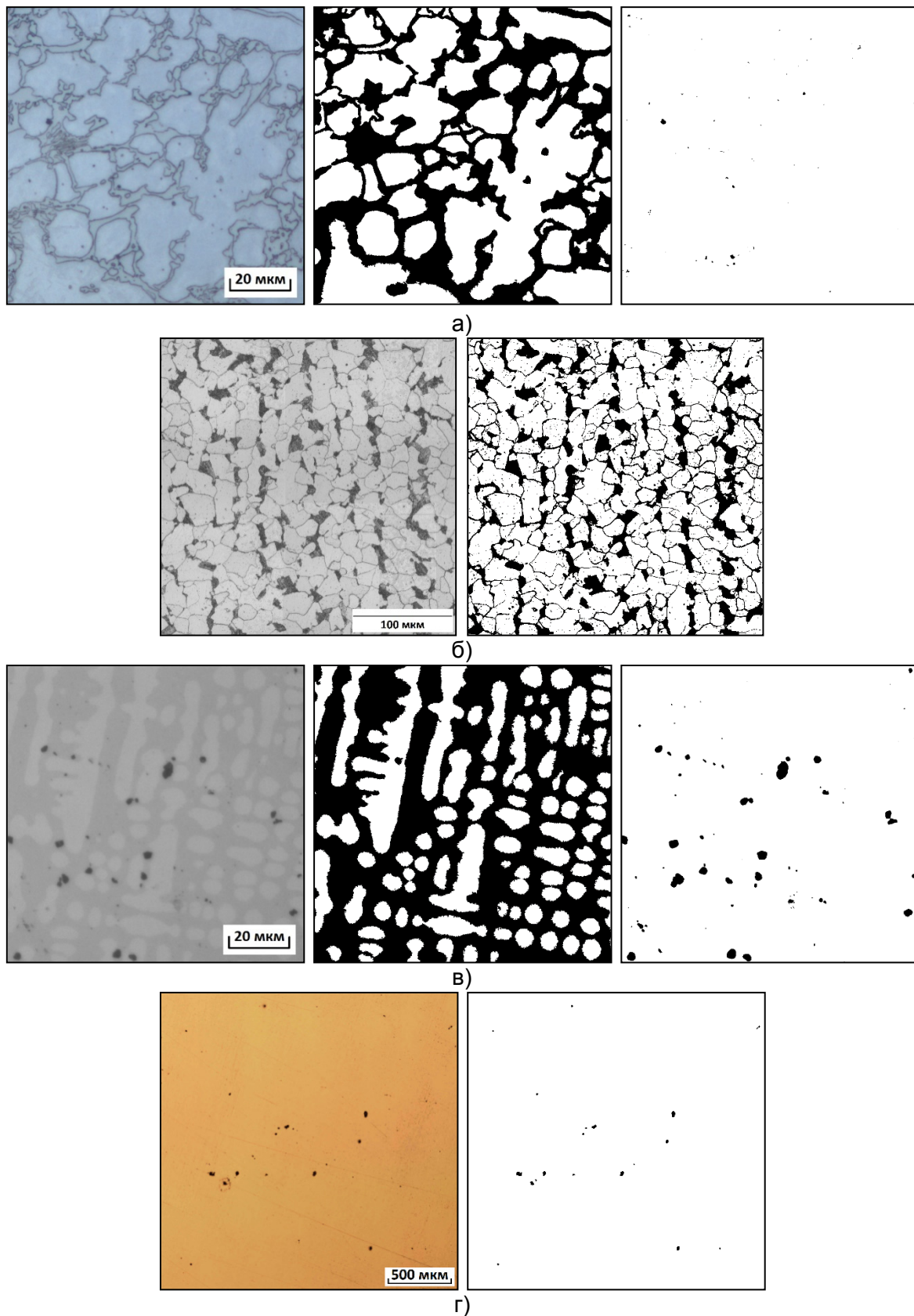
Таблица - Влияние формата изображений на результат измерения параметров некоторых элементов структуры

Объекты		Светлые дендриты		Частицы
Метод		Метод	Метод	Метод
BMP	Среднее, мкм/мкм ²	9,4	195,3	14,7
	Ошибка, мкм/мкм ²	1,2	36,6	5,1
	Кол-во, шт.	121	120	10
JPG	Среднее, мкм/мкм ²	9,5	200,3	15,0
	Ошибка, мкм/мкм ²	1,2	37,9	5,1
	Кол-во, шт.	123	120	10
Критерий Колмогорова-Смирнова		0,324	0,323	0,447

Для того, чтобы первичное изображение в 256 оттенках серого подготовить для последующей обработки были использованы мультипликационные подходы [4], которые заметно упрощают процедуры дальнейшей фильтрации и измерения. Способность отделить тёмные и светлые объекты (тринаризация, тетрааризация, пентанаризация и т.д.) от матрицы позволила дополнить интегральные оценки изображения измерением однотипных объектов, а также более чётко выделять границы объектов, чем простые глобальные методы.

С этой целью были исследованы виды получаемых С-образных кривых (после выравнивания макронеоднородности яркости в кадре) [2], гистограмм распределения значений яркости. Всё это дало физические основы предлагаемого метода мультипликации структур с несколькими разнородными структурными составляющими.

Данный метод позволяет решать несколько задач: автоматически выделять объекты определённого цвета, в том числе и фонового шума (рис. 2), выделять границы объектов (на границах всегда есть переход, поэтому есть промежуточный цвет, упрощать процедуру фильтрации белых шумов [5, 6], удалять риски, полученные в результате шлифования или полирования.



а – зёрнистая структура; б – полосчатая структура;
в – смешанная структура; г – неметаллические включения.

Рисунок 2 - Типовые изображения структур сталей и сплавов до и после мультииризации

Существенным фактором объективности обработки является используемый метод измерения (методы секущих или площадей). Метод площадей рекомендуется использовать в случае явной исходной обособленности измеряемых объектов.

Получаемые результаты измерения геометрии имеют асимметричное распределение [3], поэтому их сопоставление проводили с использованием непараметрического критерия Колмогорова – Смирнова (так же, как и сравнение изображений).

Главным результатом работы является получение автоматизированного алгоритма обработки изображений структур, в котором минимизировано участие исследователя.

Список использованной литературы:

1. Компьютерное зрение [Электронный ресурс] / Л. Шапиро, Дж. Стокман; пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 752 с.
2. Соколовская Э.А. О воспроизводимости результатов измерений структур и изломов с использованием компьютеризированных процедур // Вопросы материаловедения. – 2013, № 4. – с. 143-153.
3. Кудря А.В., Соколовская Э.А., Пережогин В.Ю., Ахмедова Т.Ш., Васильев С.Г. Использование компьютеризированных процедур для оценки неоднородности структур твердых сплавов// Металлург, 2016, №12, с.77.
4. Ping-Sung Liao and Tse-Sheng Chen and Pau-Choo Chung A Fast Algorithm for Multilevel Thresholding – 2001, J. Inf. Sci. Eng., №17, pp. 713-727.
5. Кудря А.В., Соколовская Э.А., Ахмедова Т.Ш., Пережогин В.Ю. Неоднородность структур и разрушение твёрдых сплавов на основе железа и их измерение // Электрометаллургия. 2017. – №6. – с. 32.
6. Кудря А.В., Соколовская Э.А., Ахмедова Т.Ш., Пережогин В.Ю. Информативность морфологии структур твёрдых сплавов для прогноза качества наплавов // Москва: Цветные металлы, 2017 – №12 – с. 78-83.