

**ОБ УЧЕТЕ ПРИРОДЫ ОБЪЕКТА ПРИ ВЫБОРЕ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ  
ИЗОБРАЖЕНИЙ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ**

**Пережогин В.Ю., Ахмедова Т.Ш., Нго Нгок Ха, Соколовская Э.А., Кудря А.В.**  
*НИТУ«МИСисС», г. Москва, Россия, E-mail: perevitayr@mail.ru*

Сравнение с эталоном (картинкой) – отличительная особенность контроля различных структур в материаловедении [например, 1]. Однако при оценке роли их неоднородности в разрушении (в масштабах образца или изделия) и для снижения субъективности получаемых результатов необходимы массовые, документированные и быстродействующие измерения структур. В ряде работ [2-4] предприняты усилия по отработке метрологического обеспечения такого рода компьютеризированных процедур. Пока не совсем ясно, в какой мере разрабатываемые решения являются инвариантными к различным типам структур, отличающихся геометрией своего строения, например, феррито-перлитная полосчатость в листе из низколегированной стали и серный отпечаток (по Бауману) в крупных поковках из улучшаемой среднелегированной стали. Это обстоятельство и явилось основанием для постановки настоящей работы.

В качестве объекта исследования были выбраны изображения (рис.2) типичных структур: феррито-перлитной полосчатости в трубной стали, дендритной структуры в крупных поковках из улучшаемой стали 38ХНЗМФА (включая серный отпечаток в той же плоскости шлифа и металлографическое изображение неметаллических включений) и твердого сплава на железной основе для наплавов [5]. В 256 оттенках серого (как основной форме цифрового представления структур и изломов) всё многообразие исследуемых изображений отличается по степени яркости отдельных объектов и их геометрии (размерам, форме, конфигурации элементов структуры). Это определяет, в частности, порядок проведения фильтрации (удаление шумов), выбор процедуры бинаризации (локальная и глобальная – в масштабах отдельных элементов изображения и всего изображения в целом, соответственно), применения процедур дилатации и эрозии, в т.ч. совместного, для выделения отдельных групп однородных объектов на изображении.

Показано, в частности, что процедура фильтрации может отличаться для объектов замкнутого типа (например, зерно феррита) и точечных (частицы включений). Выбор фильтра определяется также задачей исследования, он может различаться для одной и той же структуры, например, для микроструктуры с феррито-перлитной полосчатостью при измерении размера зерна феррита и оценке шага полосчатости. Масштабы фильтрации – на основе нахождения порогового значения размеров составляющих структуры («снизу») с учетом их разрешения и минимально возможных физических размеров.

Различные виды бинаризации (метод Оцу, мульти-Оцу, S-образной кривой и локальные методы среднего, Niblack, Bernsen) дают визуально отличающиеся результаты при обработке одних и тех же структур (рис.3), в т.ч. с учётом различий в последовательности их применения, например, до и после предварительной фильтрации с целью удаления точечных шумов.

Существенный фактор объективности обработки – сканирование объектов по их линейным размерам (метод секущей) или площадям. Здесь важен выбор числа объектов (пикселей) – соседей, или масштаба их связности. Так, например (рис.1), при четырёхкратной связности можно наблюдать 2 белых и 15 чёрных объектов, а восьмикратной – по одному белому и чёрному объектам. Поэтому, в частности, для измерения размеров белых зёрен (феррита) предпочтительнее вариант четырёхкратной, а для выделения и измерения границ восьмикратной связности.

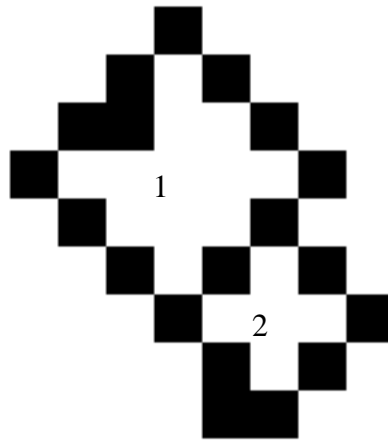
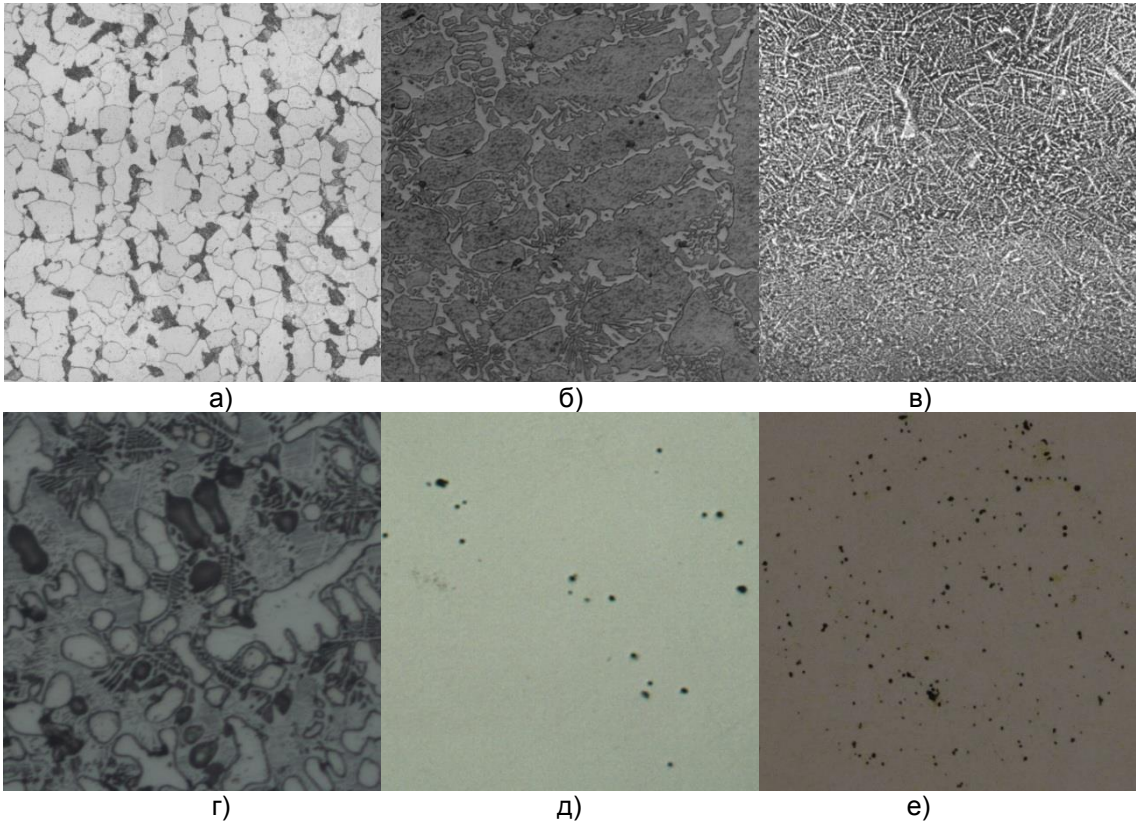
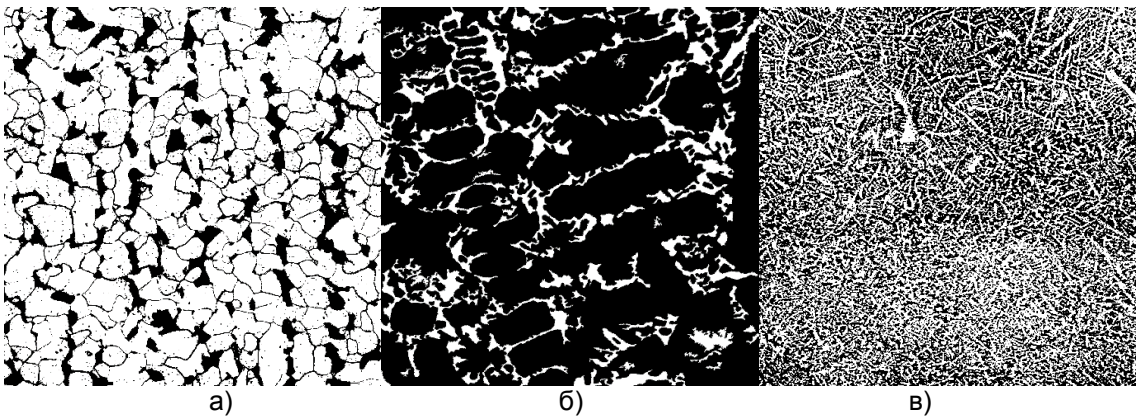


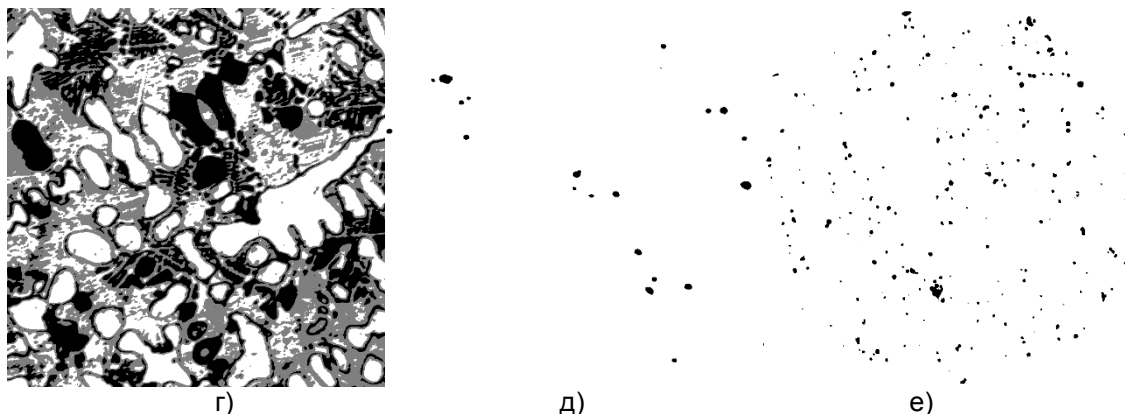
Рисунок 1 – Пример работы разного вида связности



а – зёрнистая и полосчатая структура; б – дендритная структура твёрдого сплава; в – дендритная структура стали; г – смешанная структура; д – неметаллические включения; е – серный отпечаток.

Рисунок 2 – Типы изображений в металлографии





а – зёрнистая и полосчатая структура; б – дендритная структура твёрдого сплава;  
в – дендритная структура стали; г – смешанная структура; д – неметаллические включения;  
е – серный отпечаток.

Рисунок 3 – Изображения после бинаризации и фильтрации

Получаемые результаты измерения геометрии различных площадей имеют асимметричное распределение [5], поэтому их сопоставление проводили с использованием непараметрического критерия Колмогорова – Смирнова, а также критерии сравнения изображений. Это позволило сопоставить результаты применения различных алгоритмов обработки на однородных изображениях, оценить «механизм» их функционирования. Полученные результаты полезны при определении границ эффективного применения различных видов бинаризации, фильтрации и сегментации для задач количественной металлографии (с учётом природы анализируемых объектов).

#### **Список литературы:**

1. Сталь на рубеже столетий / Под ред. Ю.С. Карабасова. - М.: МИСиС. - 2001. - С. 445-543.
2. 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.
3. Компьютерное зрение [Электронный ресурс] / Л. Шапиро, Дж. Стокман; пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 752 с.
4. Соколовская Э.А. О воспроизводимости результатов измерений структур и изломов с использованием компьютеризированных процедур // Вопросы материаловедения. – 2013. – № 4 (76). – С. 143-153
5. 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.