

УДК 620.183:539.24:669.15-196.53

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МИКРОСТРУКТУРЫ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ, БЛИЗКИХ К ЭВТЕКТИКЕ

Ю. А. ЛЕБЕДИНСКИЙ, П. Ю. ДУВАЛОВ, В. М. АНДРИЕНКО

Институт технологии металлов НАН Беларуси

Могилев, Беларусь

Количественная оценка микроструктуры сплавов является одним из важных методов исследования как свойств самого сплава, так и методом для сравнения свойств сплавов, полученных различными способами. Такая оценка все чаще в последнее время делается на основе автоматического распознавания элементов микроструктуры. К сожалению, часто сложная морфология различных фаз в сплаве значительно затрудняет такое распознавание, а механические свойства сплавов существенно зависят от деталей морфологии, сочетания различных видов морфологии фаз друг с другом.

Одним из случаев, когда возможно распознавание и оценка свойств, является карбидная фаза износостойких высокохромистых чугунов. Для часто используемого химсостава, близкого к эвтектике системы Fe-Cr-C, микроструктура карбидов представляет собой сечения изогнутых трехмерных эвтектических пучков. Поэтому карбидная фаза представляет из себя в основном объекты эллиптической формы.

Объекты такой простой формы могут быть оценены созданной программой выделения объектов и их аппроксимации эллипсами. Система включает в себя большое число характеристик таких эллипсов. Среди них общая площадь объекта, длина малой оси эллипса – толщина линии эвтектики, ориентация эллипса и многое другое. По любому числу выбранных критериев объекты могут быть оставлены на изображении или удалены из него, что дает возможность оценивать статистические свойства, например, распределение по площади, или по толщине, или по ориентациям только в группе выбранных объектов.

На данном этапе для упрощения распознавания объектов отливку из хромистого чугуна предпочтительно отжигать. Это позволяет увеличить контраст между светлыми участками карбидов и темными участками матрицы, независимо от ее собственного фазового состава. Параметры отжига: нагрев в печи до 940 °C...960 °C, выдержка 1...1,5 ч, охлаждение с печью.

Микроструктуры в RGB-формате размером 2000 × 2000 сделаны на центральном сечении 5 × 5 см отливки, охлаждаемой в холоднотвердеющей смеси. Фотографии сделаны «крестом» на прямых, проходящих через центр отливки (рис. 1).

Сначала RGB-изображение преобразуется в 256 gray, затем в бинарное двухцветное изображение, на котором дальше происходит распознавание белых объектов как эллипсов. Если на исходном изображении присутствуют полезные для распознавания оттенки цветов, то оно сначала преобразуется в HSV-формат, где на основе оттенка H выделяются нужные компоненты.

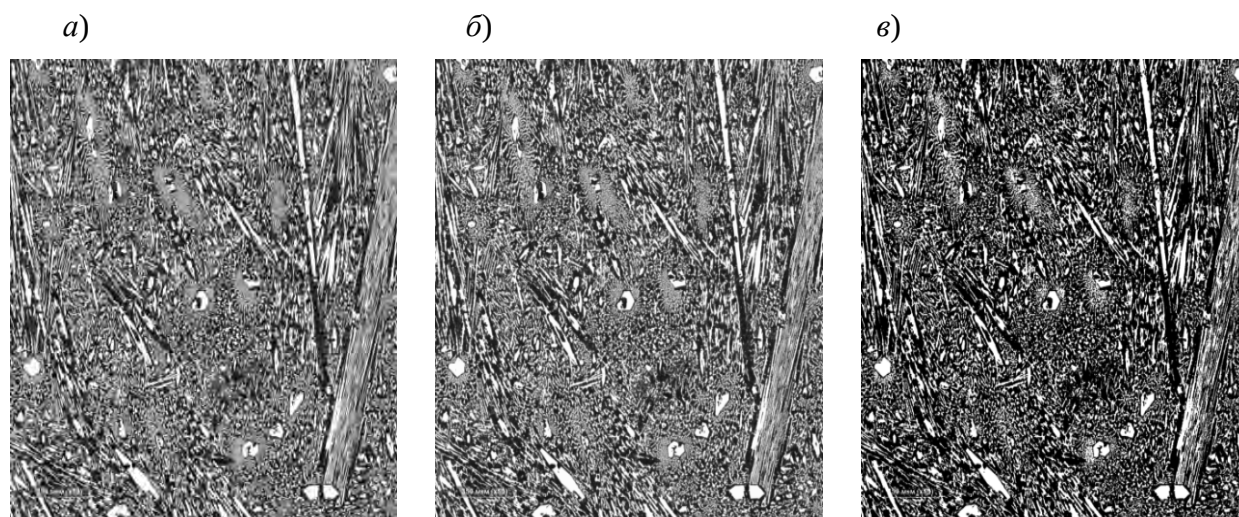


Рис. 1. Исходная фотография (а) $\times 200$; монохромная фотография (б) – 256 оттенков серого; бинарное изображение (в) – белый или черный цвет

Таким образом, на бинарном изображении выделяется набор эллипсов, далее идет оценка параметров этих объектов, например, площадь, доля карбидной фракции, средняя площадь объекта и т. д. Оценивается размер малой оси эллипса – толщина карбидной линии, а также ориентация эллипса – угол между длинной осью и вертикалью. Часть объектов заранее может быть удалена из рассмотрения, например карбиды слишком большой толщины (первичные карбиды) и т. п. Данным методом можно разделить изображение на «крупную» и «мелкую» эвтектику и оценить пространственную неоднородность изображения относительно толщины эвтектики (рис. 2).

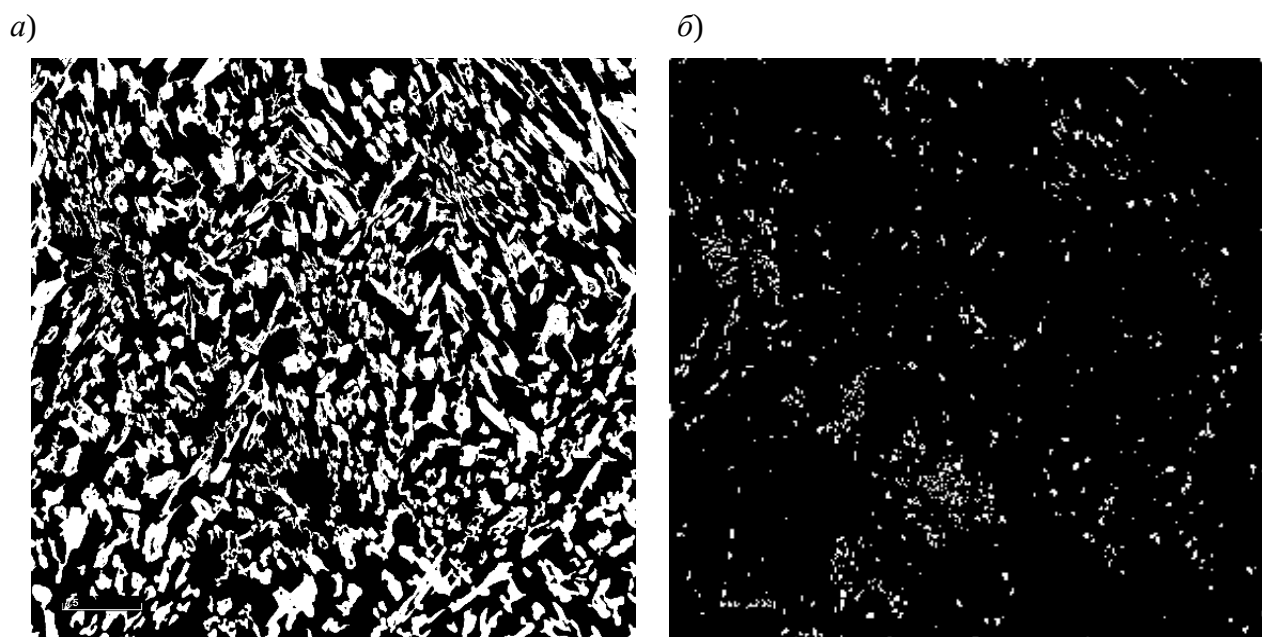


Рис. 2. Выделенные части изображения: а – эвтектика с большой толщиной линии; б – с малой