

***Елена Сергеевна Белослудцева^{1,2,3*}, Татьяна Александровна Сивкова¹,
Ольга Сергеевна Сыропятова¹, Радий Михайлович Кадушников¹,
Светлана Вадимовна Сомина¹***

¹Общество с ограниченной ответственностью «СИАМС», г. Екатеринбург, Россия

²ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», автора, г. Екатеринбург, Россия

³ФГБУН ИФМ им. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**elena@siams.com*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ SIAMS

В настоящее время все более актуальным становится оптимизация различной производственной деятельности. В частности, в материаловедении, на сегодняшний день более 2000 организаций на территории РФ для автоматизированного анализа изображений микроструктуры материалов применяют программное обеспечение (ПО) SIAMS.

Однако, до сих пор довольно непросто оставался анализ так называемых «сложных изображений». К ним относятся изображения, на которых отдельные элементы структуры слабоконтрастны к фону или разные структурные (фазовые) составляющие обладают одинаковым оттенком, в том числе изображения, полученные в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ). Для анализа таких изображений в ПО SIAMS используется модуль на основе нейросетей.

Ключевые слова: микроструктура, анализ изображений, автоматизированные методики, нейросети, программное обеспечение SIAMS

Elena S. Belosludtseva^{1,2,3}, Tatyana A. Sivkova¹, Olga S. Syropyatova¹, Radiy M. Kadushnikov¹, Svetlana V. Somina¹

¹ Limited Liability Company "SIAMS", Yekaterinburg, Russia

² "UrFU named after the first President of Russia B.N. Yeltsin", author, Yekaterinburg, Russia

³ Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

USING NEURAL NETWORKS TO ANALYZE MATERIAL STRUCTURE IMAGES IN SIAMS SOFTWARE

Currently, optimization of various production activities is becoming increasingly important. In particular, in materials science, today more than 2000 organizations in the Russian Federation use SIAMS software for automated analysis of images of the microstructure of materials.

However, until now the analysis of so-called “complex images” has remained quite difficult. These include images in which individual structural elements have low contrast to the background or different structural (phase) components have the

same hue. To analyze such images, a module based on neural networks was developed in SIAMS software.

Key words: microstructure, image analysis, strategic techniques, neural networks, SIAMS software.

С помощью технологии нейронных сетей в ПО SIAMS на изображениях микроструктуры выделяются различные структурные составляющие (феррит, цементит, графит) высокопрочного чугуна, серого чугуна и легированного чугуна типа «нирезист» (рис. 1, 2) [1]. Преимущества использованной технологии заключаются в следующем: обученный алгоритм устойчив к вариациям условий пробоподготовки, травления и съемки образцов, которые при использовании классического метода сегментации приводили к ложным контурам и/или неверно оконтуренным объектам; не требуется настройка порогов чувствительности как при использовании основных типов сегментации; сокращается время анализа. Полученные результаты выделения структурных составляющих чугуна использовались для дальнейшего расчета количественных характеристик в соответствии с требованиями ГОСТ 3443-87. Алгоритмы анализа были интегрированы в программный пакет Анализатора структуры SIAMS и рекомендуются для серийного контроля микроструктуры в производственных лабораториях (рис. 4).

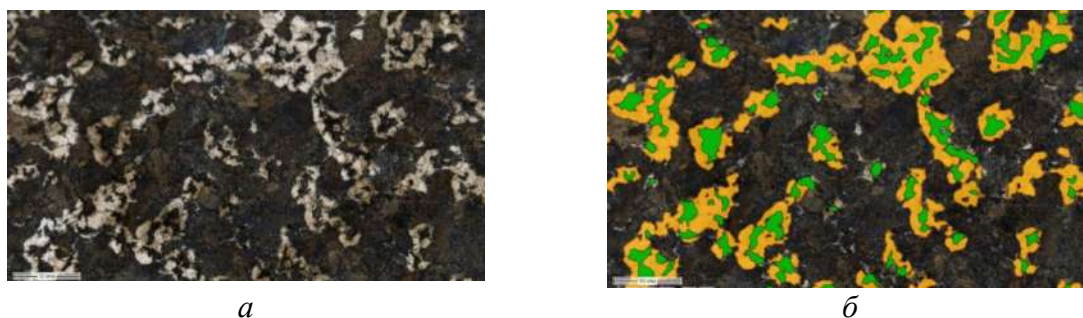


Рис. 1. Семантическая сегментация фаз в чугуне: а – исходное изображение образца; б - изображение с выделенными масками феррита (■) и графита (■)

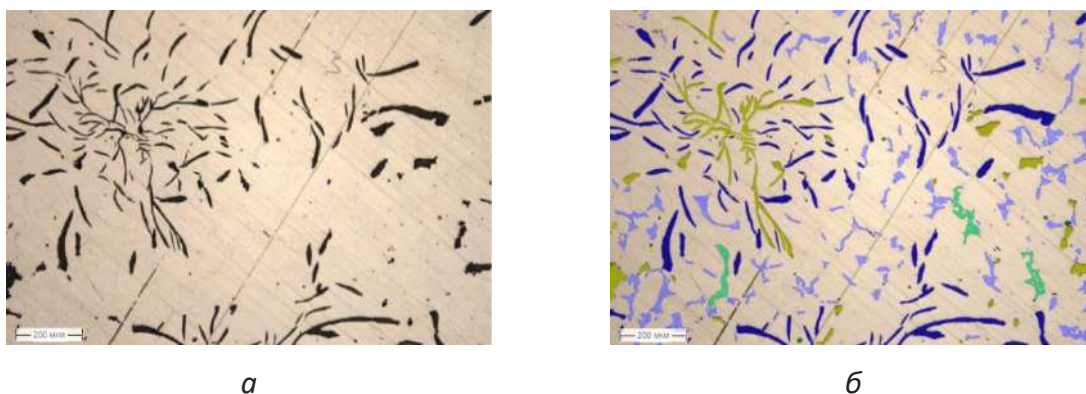


Рис. 2. Семантическая сегментация фаз в чугуне: а – исходное изображение образца; б - изображение с выделенными масками графита ПГФ1 (■), ПГФ2 (■), цементита (■), наибольших частиц цементита (■), шаровидного графита (■)

Сложность автоматизированного анализа изображений, полученных в СЭМ, возникает из-за их недостаточной контрастности. Кроме того, на данный

момент в СЭМ не существует методик выравнивания освещенности. Поэтому, как правило, разные участки изображения освещены неодинаково. Данный факт вносит дополнительные сложности в цифровой анализ снимков. В качестве примера на рис. 3 приведено СЭМ-изображение кратеров на стекле. С помощью нейросети ПО SIAMS были выделены только внутренние контуры объектов, исключая внешние контуры и объекты иной морфологии, а также проведен анализ выделенных объектов по различным параметрам.

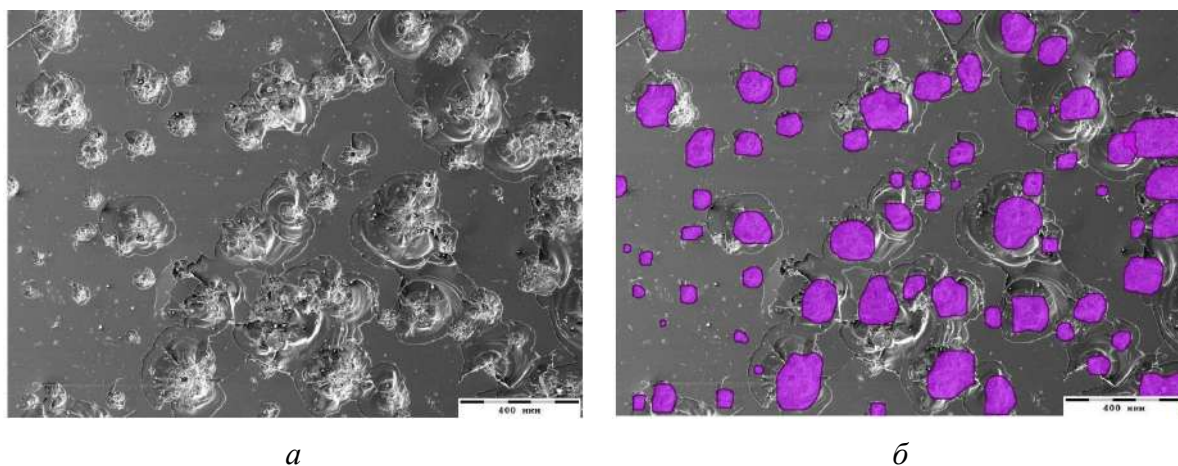


Рис. 3. Семантическая сегментация внутренних контуров кратеров на стекле на изображении, полученном методом СЭМ: а – исходное изображение образца; б – изображение с выделенными масками кратеров

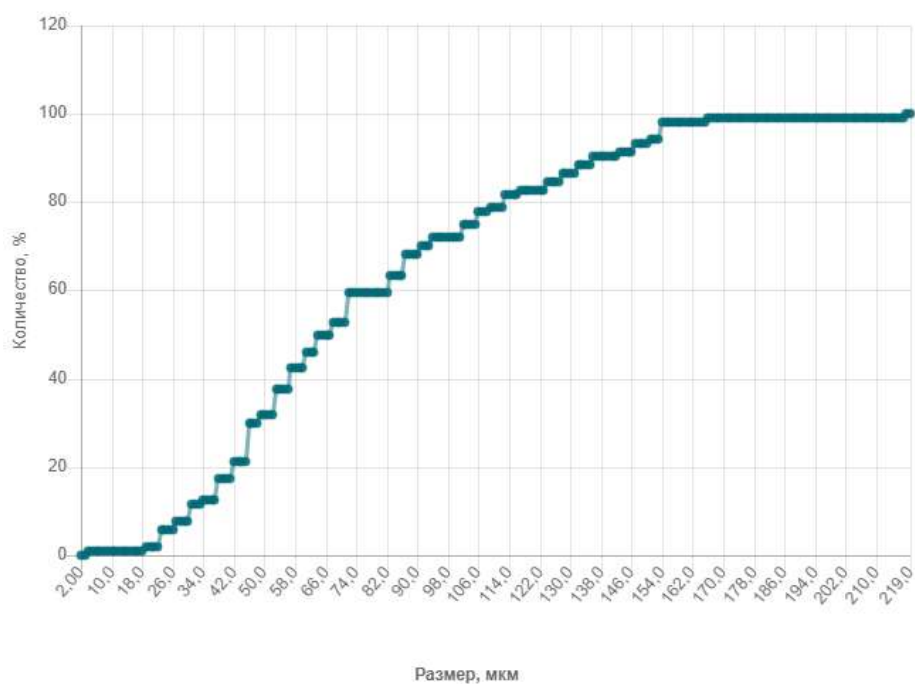


Рис. 4 Интегральное численное распределение частиц по размерам

Помимо приведенных примеров, нейронные сети в ПО SIAMS применяются для распознавания альфа-фазы в титане, определения количества вязкой и хрупкой составляющих в изломах, сегментации дендритной структуры, сегментация зернистого и пластинчатого перлита.

Комплексный научно-исследовательский подход, использованный при интеграции нейронных сетей в ПО SIAMS, существенно расширяет круг решаемых задач микроструктурного анализа в материаловедении.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. T. Sivkova, A. Gusev, A. Syropyatov, GraphiCon 2021 2, pp. 772-780 (2021)

REFERENCES

1. T. Sivkova, A. Gusev, A. Syropyatov, GraphiCon 2021 2, pp. 772-780 (2021)