

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ ПРИ ОПИСАНИИ СТРУКТУР И ИЗЛОМОВ

Кудря А.В., Соколовская Э.А.
НИТУ «МИСис», Москва, РФ
AVKudrya@isis.ru

Неоднородность структур – основная причина разброса качества конструкционных материалов. Отсюда важен прогноз свойств такой структуры на основе описания механизмов разрушения ее составляющих. В связи с этим развиваются методы оценки неоднородности разномасштабных структур и их разрушения.

Статистический характер изображений структур, особенности их отражения в строении изломов, априори предполагает совместное их рассмотрение в масштабах образца (изделия) с целью получения статистических оценок. Цифровизация обработки изображений в материаловедении – это не только получение иных масштабов полей зрения, но и использование иных подходов к их обработке. Если существующие подходы к оценке структур и изломов основаны на сравнении с эталоном (картинкой) или их словесном описании, то в рамках их цифрового представления возможно получение принципиально иной информации о морфологии объекта. Это и более высокие требования к функционированию оптико-цифрового тракта (микроскоп – цифровая камера – компьютер), где актуальным становится метрологическое обеспечение измерений, включающее в себя решение вопросов, связанных с оценкой роли различных факторов на «качество» обрабатываемых изображений (от условий режима травления до обоснования принципов удаления шумов различной природы). В частности, сопоставимость и воспроизводимость результатов достигается лишь при едином алгоритме и параметрах настройки для распознавания границы элементов структуры. Получение цифровой модели связано с выбором корректных алгоритмов бинаризации первичного изображения (выбор порогового значения интенсивности, переводящего изображение в черно-белое вида "0-1", где "0" – соответствует темным точкам, с интенсивностью ниже границы контраста, а "1" – светлым участкам) или мультиризации. Это даёт возможность однозначно «очертить» границы отдельных структурных составляющих, например, неметаллических включений, ямок на 2D-изображении излома [1].

При построении 3D-модели излома точность преобразования стереопары в карту рельефа методами стереофотограмметрии зависит от степени надежности предварительного визуального опознавания и выделения на обеих снимках достаточного числа достоверно совпадающих точек. Для сопоставления 3D-моделей, полученных на различных полях зрения (изломах) полезно использование эталон-объектов известной геометрии (соизмеримых с масштабами элементов излома) [2].

Возможность получения больших массивов данных (Big Data) результатов измерений открывает перспективы применения недоступных ранее (в т.ч. из-за трудоемкости обработки) алгоритмов обработки. Например, после бинаризации 2D-изображений панорам вязких изломов и их разбиения на полиэдры Вороного [3] можно построить, в частности, гистограммы распределения площадей полиэдров, числа их соседей и расстояний ямок от ближайших соседей, отражающие неоднородность размещения ямок (скупенность), что позволяет оценить различия в зарождении вязкого разрушения.

В настоящее время цифровая фотосъемка общедоступна, а для обработки измерений элементов структур существуют обширные пакеты быстродействующих программ, таких как Image Expert Pro [4]. Но для того, чтобы оценить значимость

найденных различий и принять решение, всю статистику измерений в конце необходимо свернуть в несколько чисел: параметры распределения, их ошибки воспроизводимости, показатель согласия с моделью.

Важную роль при этом играет корректный выбор статистики измерений с учетом природы анализируемого объекта. Показано, в частности, что при наблюдении закономерностей формирования дендритного рисунка в улучшаемой стали, различных микроструктур в сталях и сплавах размер кадра, начиная с которого обеспечивается воспроизводимость характеристик геометрии структуры, может превышать габариты стандартного образца для ударных испытаний. С одной стороны это означает, что при меньшей площади анализируемого кадра возможны случайные флуктуации числовых значений характеристик структуры, с другой – объясняет причину разброса значений тех же значений ударной вязкости для различных образцов однородной продукции.

Схожая картина наблюдается и при измерении геометрии изломов, когда на разных масштабных уровнях наблюдения, есть свой минимальный объем первичных данных, который даёт воспроизводимые значения параметров изломов.

Следует достаточно осторожно подходить к традиционному использованию средних значений характеристик параметров геометрии изображений для оценки различий морфологии разномасштабных структур и изломов. Как правило, здесь велика доля мелких элементов и если характер распределения, например, неметаллических включений по размерам имеет асимметричный характер, то в подобных случаях для сравнения различных выборок результатов измерения предпочтительнее использовать критерии непараметрической статистики.

В целом, использование цифровых методов в материаловедении, обеспечивая возможность быстрого накопления представительного объема результатов измерения геометрии структур и изломов, позволяет решить ключевую задачу - предсказать свойства неоднородной структуры из описания ее микроскопических составляющих и строения изломов. Эффективность такого подхода была апробирована, в частности, при оценке причин различий в ударной вязкости номинально однотипных вязких изломов конструкционных сталей различного состава и сортамента [3], конструировании оптимальной конфигурации структур твердых сплавов на железной основе для рабочих органов почвообрабатывающих машин с целью повышения их сопротивляемости преждевременному разрушению [5].

Список использованной литературы

1. Кудря А.В., Соколовская Э.А., Салихов Т.Ш. и др. // Изв. Вуз. Черная металлургия. 2009. №5. С.41-44.
2. Кудря А.В., Соколовская Э.А., Арсенкин А.М. // Деформация и разрушение материалов. 2010. № 1. С. 38-44.
3. Кудря А.В., Соколовская Э.А., Траченко В.А. и др. // МиТОМ. 2015. № 4. С. 12-18.
4. Крупин Ю.А., Сухова В.Г. Компьютерная металлография.–М.: Изд. Дом МИСиС, 2009.
5. Мельниченко А.С., Кудря А.В., Ахмедова Т.Ш., Соколовская Э.А. // Металлург. 2017. № 12.