

УДК 004.932.2

Гай В.Е., Жизняков А.Л.

МНОГОМАСШТАБНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ИЗОБРАЖЕНИЙ УСТАЛОСТНЫХ ИЗЛОМОВ

В работе предложен подход к анализу изображений макроструктуры усталостных изломов на основе алгоритмов сегментации. Алгоритм сегментации выбирается в зависимости от структуры изображения. Это позволяет повысить точность выделения зон усталостного излома. Приведённые результаты показывают эффективность предложенного подхода.

In this work, an approach to analysis of images of macrostructure of fatigue fractures using segmentation algorithms supposed. Segmentation algorithm is selected according to image structure. It allows increasing of fatigue fracture zones accuracy selection. Demonstrated results show the efficiency of the suggested approach.

Ключевые слова: цифровая обработка изображений, многомасштабные модели изображений, фрактография.

Введение

С возрастающим усложнением и ужесточением условий эксплуатации современной техники, актуальной становится проблема создания материалов и видов обработки, обеспечивающих не только высокую прочность, но и достаточную надежность против разрушения. Поэтому большое значение придается изучению процесса разрушения и влияния различных структурных и технологических факторов на характеристики разрушения.

Среди физических методов изучения связи состава и структуры материала с его механической прочностью особое место отводится исследованию поверхностей разрушения (изломов), поскольку излом наиболее четко отражает строение и свойства материала в локальном объеме, в котором протекает процесс разрушения. В ряде случаев эксплуатационных разрушений повреждений только по излому можно сделать заключение о характере и причинах поломки или аварии.

При анализе излома выполняется его микро- и макроструктурное изучение. Макростроение излома отражает кинетику и характер разрушения. Микростроение раскрывает механизмы развития трещины, глубинные причины воздействия различных факторов, в частности условий нагружения и свойств материала на процесс разрушения [1].

По характеру разрушения выделяют три вида изломов: хрупкий, вязкий и усталостный.

Наиболее широкий класс изломов – усталостные и им уделяется особое внимание.

Макроструктура типичного усталостного излома имеет две ярко выраженные зоны [1]:

1) Зона усталостного разрушения - с гладкой, притёртой поверхностью там, где усталостная трещина постепенно проникала вглубь сечения.

2) Зона статического разрушения - крупнокристаллического строения, по которому произошло хрупкое разрушение (долом) вследствие большого ослабления сечения. Образуется, когда поперечное сечение детали оказывается недостаточным для сопротивления действующей нагрузке.

Зоны усталостного и статического разрушения могут иметь различное расположение и форму на изображении микроstructures излома, в зависимости от способа упрочнения детали, долговечности (малоцикловая или многоцикловая усталость), условий нагружения и т.д.

Отношение площади усталостной зоны S_f к площади зоны долома S_r считается мерой величины циклических напряжений, которые обуславливают разрушение. При этом следует подчеркнуть, что изучению микростроения излома должна предшествовать чёткая идентификация зон по макростроению.

Вследствие того, что зоны усталостного излома обладают различными текстурными и/или яркостными характеристиками, то для автоматизации вычисления S_f и S_r можно применить различные алгоритмы сегментации изображений [2].

1. Многомасштабный подход к сегментации изображений

В настоящее время для сегментации изображений широко используются модели изображений и алгоритмы, которые в качестве исходных данных рассматривают только изображение. Однако, при решении задачи сегментации, эффективнее совместно использовать изображение и его многомасштабное представление.

Под многомасштабным представлением изображения f понимается совокупность набора приближений $\{f^1, f^2, \dots, f^n\}$, каждый элемент которого соответствует изображению f с более низким разрешением, и набора дополнений $\{d^1, d^2, \dots, d^n\}$. Каждый элемент набора дополнений содержит детали исходного изображения, которые были отброшены при переходе от исходного изображения к приближению.

Широкое применение многомасштабного подхода в обработке изображений привело к разработке многомасштабных моделей изобра-

жений. Многомасштабные модели используются для описания зависимостей между отсчётами многомасштабного представления. В [3-6] предложены, адаптивная модель скрытого марковского дерева и адаптивная модель многомасштабного марковского случайного поля. Первая модель в качестве исходных данных использует последовательность дополнений, вторая – последовательность приближений. Также в [5-6] были предложены алгоритмы сегментации изображений на основе указанных моделей. Причём, модель скрытого марковского дерева ориентирована на использование при сегментации изображений текстур, а модель многомасштабного марковского случайного поля - на использование при сегментации изображений, состоящих из областей приблизительно однородных по яркости.

2. Результаты экспериментов

На рис.1 показаны изображения усталостных изломов. Размер каждого изображения составляет 512×512 отсчётов.

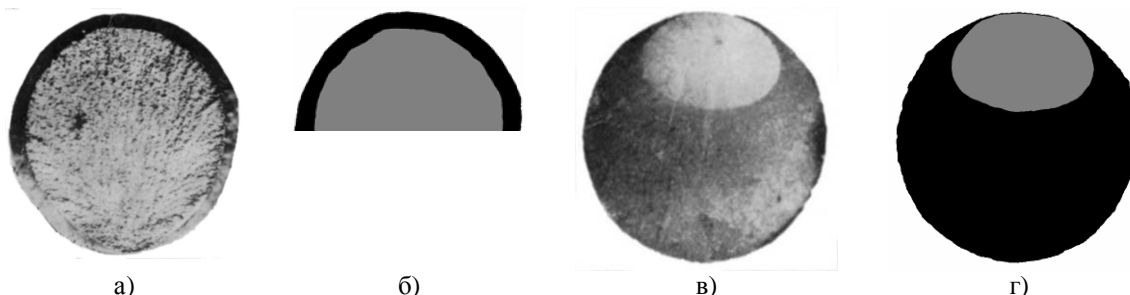


Рис.1. Изображение поверхности излома: а, в – исходные изображения; б, г – результаты сегментации

Изображение представленное на рис.1а, состоит из двух областей. Область, расположенная в центре изображения обладает крупнозернистой текстурой, а по краю – мелкозернистой. Поэтому для сегментации этого изображения используется подход на основе адаптивной модели скрытого марковского дерева, описанный в [7].

Изображение, показанное на рис.1в состоит из 2 - х областей, которые обладают мелкозер-

нистой текстурой. В этом случае, для выделения областей интереса более эффективно использовать метод сегментации, ориентированный на анализ изображений, содержащих приблизительно однородные по уровню яркости области. Поэтому для сегментации изображения, представленного на рис.1в, используется следующий подход на основе адаптивной модели многомасштабного марковского случайного поля, описанный в [8].

Таблица 1. Результаты анализа изображений

Изображение	Материал	Увеличение	S_f	S_r
рис.1а	Сталь 45ХН2МФА	10 раз	26,31%	73,69%
рис.1в	Сталь 38ХС	4 раза	23,31%	76,69%

Заключение

Обычно, при выявлении причин разрушения деталей, выполняют исследование макроструктуры поверхности разрушения. Одной из характеристик макроструктуры излома является отношение площадей зон усталостного и статического разрушений. Визуальная оценка площадей зон, вследствие субъективности, не позволяет получить достоверные результаты. В настоящей работе для выделения зон излома предлагается использовать алгоритмы сегментации изображений. Результаты экспериментов позволяют сделать вывод об эффективности предложенного подхода и возможности его использования при анализе изображений макроструктуры излома.

Список используемой литературы

1. Батлер М.А. и др. Фрактография - средство диагностики разрушенных деталей. М.: Машиностроение, 1987. 172 с.
2. Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
3. Гай В.Е. Обработка сигналов на основе стохастических моделей вейвлет коэффициентов. Материалы IX Международной конференции: Интеллектуальные системы и компьютерные науки, М.: Изд-во механико-математического факультета МГУ, 2006. т 2. Часть 2. С. 81-84.
4. Жизняков А.Л., Гай В.Е. Исследование параметров моделей пространственного взаимодействия вейвлет коэффициентов // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, Серия: Цифровая обработка сигналов и ее применение, Москва, 2007. Выпуск: IX-2, 2007. С. 293-295.
5. Гай В.Е. Сегментация изображений на основе вейвлет – преобразования с использованием многомасштабных марковских случайных полей // Системы и методы обработки и анализа информации: Сб. науч. ст. / М.: Горячая линия Телеком, 2005. С. 304-310.
6. Гай В.Е. Сегментация изображений на базе модели скрытого марковского дерева вейвлет области // Сборник статей V Международной научно-технической конференции: Информационно-вычислительные технологии и их приложения. Пенза: РИО ПГСХА, 2006. С. 66-69.
7. Гай В.Е. Об одном подходе к сегментации изображений // Искусственный интеллект, 2007. №4. С. 264-271.
8. Жизняков А.Л., Гай В.Е. Сегментация изображений на базе использования адаптивной локальной области // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2008. №1. С. 16-21.

*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета,
Муром, Россия.*

Подписано в печать 20.02.08.