

УДК 539.214:539.374:004.932

DOI: 10.17223/00213411/64/4/32

*В.В. КИБИТКИН, А.И. СОЛОДУШКИН***УВЕЛИЧЕНИЕ ПЛОЩАДИ КОНТРОЛЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ДЕФОРМАЦИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА МЕТОДОМ КОРРЕЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ\***

Знание механизмов деформации и разрушения конструкционных материалов позволяет оптимизировать их состав и микроструктуру. В настоящее время для этих целей применяется метод корреляции цифровых изображений вследствие высокой точности и простоты обработки данных. Для понимания физических процессов мезомасштабного уровня используют оптическую микроскопию, однако при этом уменьшается исследуемая область. Кратко рассмотрены основные подходы, позволяющие увеличить площадь контроля без потери точности. Показано, что данная задача может быть решена путем сшивки перекрывающихся изображений или отдельных полей смещений, чтобы получить единое векторное поле. Другой путь связан с уменьшением оптического увеличения, а для сохранения абсолютной погрешности на заданном уровне предлагается использовать расчет с субпиксельной точностью. Возможности данного подхода проиллюстрированы на примере сварного соединения, работающего в условиях усталости.

**Ключевые слова:** деформация, поле векторов смещений, метод корреляции цифровых изображений, алгоритм скользящего окна, субпиксельная точность.

Разработка новых материалов или оптимизация внутренней структуры сплавов неизбежно связана с исследованием характера пластического течения, деформации и их эволюции. Для выявления роли внутренней структуры необходимо изучать данные процессы на мезо- и макромасштабных уровнях. Это приводит к необходимости применения высокого оптического увеличения, однако при этом возрастают погрешности, присущие оптическому методу контроля и все большую роль начинают играть неровности поверхности образца и его ориентация в пространстве в процессе съемки. С другой стороны, с возрастанием оптического увеличения уменьшается размер исследуемой области, поэтому сшивка изображений позволяет получить полное (сшитое) изображение этой области как панораму. Компьютерная обработка панорам, полученных в разные моменты времени, дает возможность получить детальное векторное поле смещений на площади порядка десятков квадратных миллиметров с погрешностью на уровне 0.02–0.5 мкм и меньше.

Измерение полей смещений и деформации материала является актуальной задачей в металлведении, экспериментальной механике, строительстве, неразрушающих методах контроля. Для этих целей был разработан ряд оптических методов – фотоупругости, спекл-интерферометрии, каустик, муара и др. [1, 2]. Эффективность того или иного подхода зависит от требуемой погрешности и условий измерения. Эти методы имеют высокую чувствительность, но могут работать только в лабораторных условиях. Метод корреляции цифровых изображений (КЦИ) характеризуется высокой точностью и пространственным разрешением и отличается простотой проведения измерений и практичностью. Вследствие этого он стал мощным и эффективным инструментом при исследовании процессов деформации и разрушения материалов и конструкций [3, 4].

Измерительный комплекс включает в себя микроскоп, цифровую камеру, механическое устройство компенсации поворотов образца как целого, компьютер и программное обеспечение. Принцип измерения состоит в том, что в отдельные моменты времени производится съемка изображений интересующей области образца и их запись на жесткий диск компьютера. Компьютерная обработка файлов двух изображений позволяет рассчитать (измерить) поле векторов смещений (векторное поле) и компоненты тензора деформации между соответствующими моментами времени нагружения.

Однако возможности метода ограничены при работе на сравнительно больших площадях, когда точность измерений является значимой. Задача увеличения площади контроля решается путем

\* Работа выполнена в рамках госзаданий ИФПМ СО РАН на 2021–2023 гг. (проект FWRW-2019-0034 «Микро- и макроархитектоника мультиметаллических материалов, полученных с использованием электронно-лучевой проволоочной аддитивной технологии» и проект FWRW-2021-0010 «Роль структурных трансформаций в формировании эксплуатационных характеристик материалов арктического назначения»).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>