

УДК 681.387.11:620.179.1

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ШЕРОГРАФИИ

С. А. ФИЛАТОВ, М. Н. ДОЛГИХ, Е. В. БАТЫРЕВ, О. С. ФИЛАТОВА

Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси

Минск, Беларусь

Шерография – это метод неразрушающего контроля, основанный на оптической интерферометрии, который позволяет выявлять изменения внутренней структуры и дефекты материалов посредством измерения и анализа поверхностных деформаций образца под нагрузкой. Тестируемый объект частично или полностью освещается когерентным светом, который при отражении попадает на сдвиговый элемент (например, интерферометр Майкельсона или бипризму Френеля), размещенный перед объективом цифровой камеры. После сдвигового элемента формируются два изображения спекл-поля, которые интерферируют друг с другом, образуя пространственную интерференционную картину. Сравнивая изображения объекта в ненагруженном состоянии с изображением, взятым в нагруженном состоянии, можно определить изменение поверхности в любой заданной точке изображения исследуемого объекта. Благодаря высокой чувствительности к деформации, достигающей 20 нм, это позволяет выявлять подповерхностные дефекты, скрытые дефекты, трещины и расслоения в композиционных материалах.

Ограничения для применения систем шерографии связаны с необходимостью создать тепловое или механическое воздействие на контролируемый объект с помощью стационарной или переносной испытательной камеры (ИК или ультразвукового излучателя, вакуумного оборудования для создания небольшого разряжения). В типичной экспериментальной конфигурации объект освещается расширенным лазерным лучом (рис. 1).

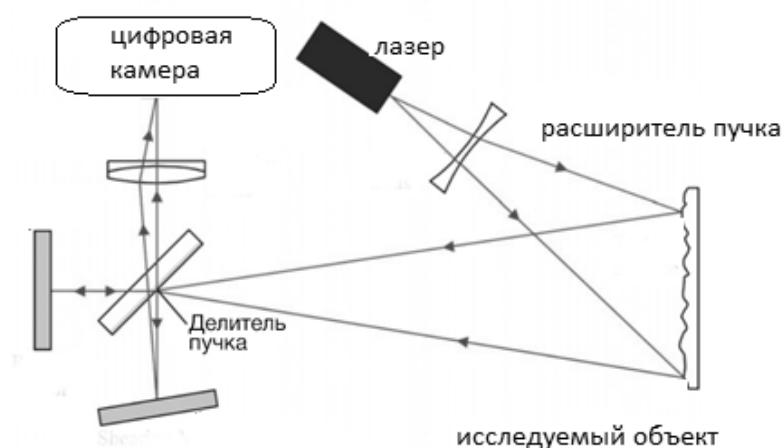


Рис. 1. Классическая схема системы оптической шерографии

В макетном образце шерографа для расширения лазерного пучка были использованы микрообъектив 100^x и вращающийся матовый диск уменьшения

интенсивности спеклов (рис. 2). Автоматизация процесса шерографического контроля предполагает, что искусственные нейронные сети могут автоматически обрабатывать изображения и выявлять дефекты, что в перспективе снижает необходимость в ручной интерпретации специалистами и способствует уменьшению времени анализа и повышению производительности. При этом критически важным компонентом системы становятся камеры высокого разрешения с широким динамическим диапазоном (HDR) для регистрации интерферометрических изображений поверхности объекта.

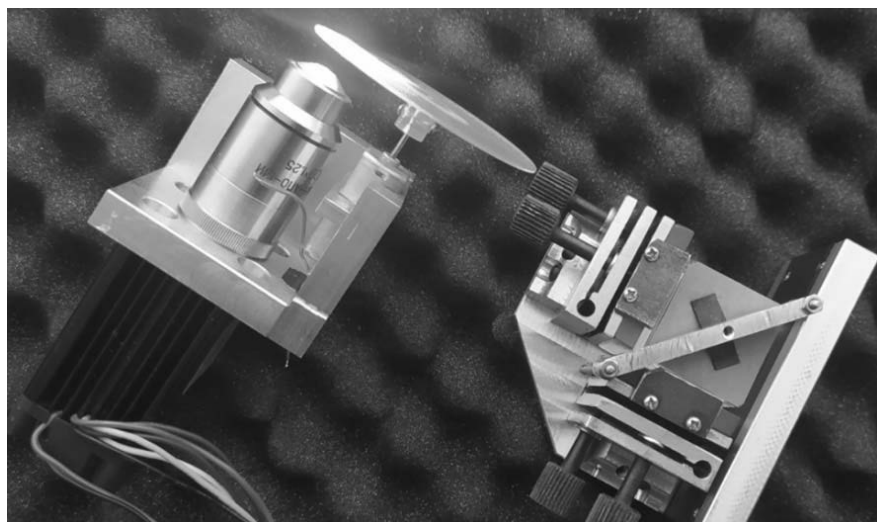


Рис. 2. Макет системы оптической шерографии с интерферометром Майкельсона

Основным аспектом интеллектуальной шерографии [1, 2] является интеграция ИИ и машинного обучения. В первую очередь – использование алгоритмов машинного обучения и глубоких нейронных сетей для анализа изображений, полученных с помощью шерографии, и автоматическое обучение систем контроля на больших объемах данных, что позволяет системам ИИ адаптироваться и улучшаться на основе примеров. Для анализа изображений, классификации дефектов и их локализации успешно используются конволюционные нейронные сети, алгоритмы деревьев решений и методы опорных векторов. Обучение модели ИИ с помощью обучающей выборки позволяет решить задачу классификации дефекта или локализовать дефекты на шерографическом изображении, применяя методы оптимизации и регуляризацию для улучшения работы модели и предотвращения переобучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Wolfgang, S.** Digital Shearography: theory and application of digital speckle pattern shearing interferometry / S. Wolfgang, Y. Lianxiang. – USA, 2003. – 330 p.
2. **Nyongesa, H. O.** Neural fuzzy analysis of delaminated composites from shearography imaging / H. O. Nyongesa, A. W. Otieno, P. L. Rosin // Composite Structures. – 2001. – Vol. 54, iss. 2–3. – P. 313–318.