

ПРИМЕНЕНИЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

В. А. БЕРДОНОВ, В. И. ГОРБУНОВ, Г. И. ШТАНИЧЕВА, Л. К. ЯНИСОВА

(Представлена научным семинаром НИИ ЭИ)

Голография дает возможность осуществить несколько довольно уникальных способов интерферометрии [1].

Основной принцип голографической интерферометрии заключается в том, что посредством многократного экспонирования голограмм можно осуществлять когерентное сложение комплексных амплитуд. Пусть фотографическая эмульсия экспонируется последовательно N различными распределениями интенсивности $I_1, I_2, \dots, I_N$. Тогда полная экспозиция записывается

$$E = \sum_{k=1}^N T_k \cdot I_k, \quad (1)$$

где T_k представляет собой время экспозиции, соответствующее данному распределению I_k . Использование принципов голографии приводит к тому, что для каждого интервала засветки падающее излучение есть сумма фиксированной опорной волны $\vec{A}(x, y)$ и волны от объекта $\vec{a}_k(x, y)$, меняющейся от интервала к интервалу. Тогда суммарная экспозиция

$$E = \sum_{k=1}^N T_k \cdot |\vec{A}|^2 + \sum_{k=1}^N T_k |\vec{a}_k|^2 + \sum_{k=1}^N T_k \cdot |\vec{A} * \vec{a}_k| + \sum_{k=1}^N T_k \cdot \vec{A} \cdot \vec{a}_k^* \quad (2)$$

Предполагая, что экспонирование и фотообработка ведется в линейной области характеристической кривой фотоэмульсии, получим компоненту пропускания

$$t_a = \beta' \cdot \sum_{k=1}^N T_k \cdot \vec{A} * \vec{a}_k, \quad (3)$$

где β — коэффициент пропускания, зависящий от параметров фотоэмульсии. Из (2) и (3) видно, что при освещении диапозитива волновым фронтом $\vec{A}$ в прошедшем поле появится компонента, пропорциональная сумме (с учетом веса) комплексных волновых фронтов $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_N$. В результате N когерентных мнимых изображений исходного объекта, которым соответствует совокупность волн $\vec{a}_i$, будут испытывать линейную суперпозицию и интерферировать.

Голографическая интерферометрия по сравнению с обычной имеет ряд преимуществ: позволяет исследовать прозрачные и отражающие объекты любой сложной формы и даже диффузные; не предъявляет строгих требований к качеству оптики, что для обычной интерферомет-

рии очень важно; позволяет исследовать интерференцию волн, рассеянных объектом в разных направлениях в пределах телесного угла, который охватывает голограмма; не связана требованием одновременности формирования волн, что открывает перед нею ряд интересных возможностей.

Варьируя сочетанием интерферирующих волновых фронтов, можно выделить три метода голографической интерферометрии:

1. Интерферометрия в реальном масштабе времени, когда восстановлен из голограммы волновой фронт, интерферирует с действительным волновым фронтом, отраженным от когерентно-освещенного объекта.

2. Метод двух экспозиций, когда на одну фотопластинку последовательно регистрируются две голограммы объекта, находящегося в двух разных состояниях, которые при восстановлении интерферируют между собой.

3. Метод временно-усредненной голографии, когда голограмма снимается непрерывно с выдержкой, много больше периода колебания объекта. При восстановлении два фронта, соответствующие крайним положениям объекта, интерферируют между собой.

Голографическая интерферометрия находит все более широкое применение для изучения деформаций и вибраций, для исследования плазмы, ударных волн, газовых потоков [2—6]. Одной из наиболее перспективных областей применения голографической интерферометрии является голографический неразрушающий контроль материалов и изделий [7]. Для применения голографической интерферометрии в неразрушающем контроле необходимо, чтобы подповерхностные аномалии, подвергающиеся воздействию энергии, проявлялись как различные смещения когерентно-освещенной поверхности. Среди видов энергии, которые могут быть успешно использованы для проведения контроля объектов и выявления поверхностных искажений, соответствующих местонахождению, размерам и форме скрытых дефектов, могут использоваться следующие: тепловые импульсы; диэлектрическое микроволновое нагревание; вакуум; звуковые колебания; механическая нагрузка.

Выбор оптимального воздействия определяется свойствами контролируемого объекта. Голографическая интерферометрия дает хорошие результаты при контроле слоистых структур. На рис. 1 представлена фотография типичной интерферограммы, на которой нарушение интерференционных полос указывает на наличие и локализацию непрочности раз-

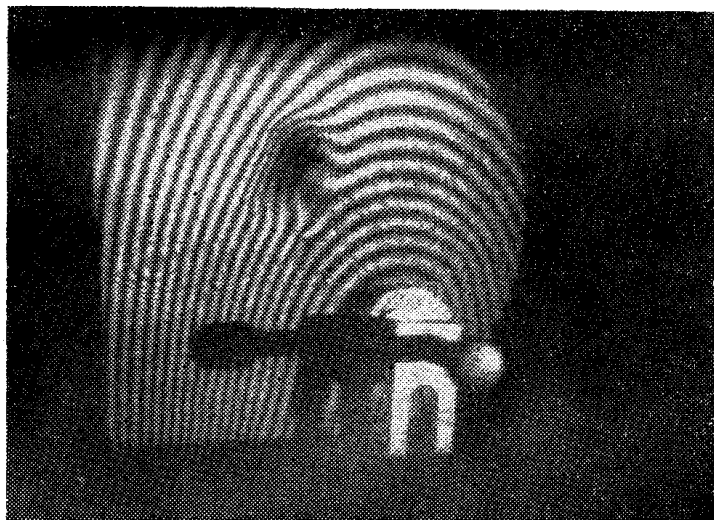


Рис. 1. Интерферограмма непрочности

мером 0,8—1,0 см² между слоем резины толщиной 1 мм и текстолитовой пластиной толщиной 3 мм.

Интерферограмма получена методом двух экспозиций. Перед второй экспозицией объект подвергался механической нагрузке. Любая из вышеуказанных голографических операций выявляет дефекты по всей контролируемой площади одновременно и с хорошей чувствительностью.

Применение метода голографической интерферометрии к задаче обнаружения границы раздела двух сплавов также дало положительные результаты. Граница выявляется в виде нарушения и разрыва интерференционных полос в районе раздела сплавов. Фотография соответствующей интерферограммы приведена на рис. 2. Экспериментальные исследования показали, что оптимальным воздействием перед второй экспозицией является температурный нагрев.

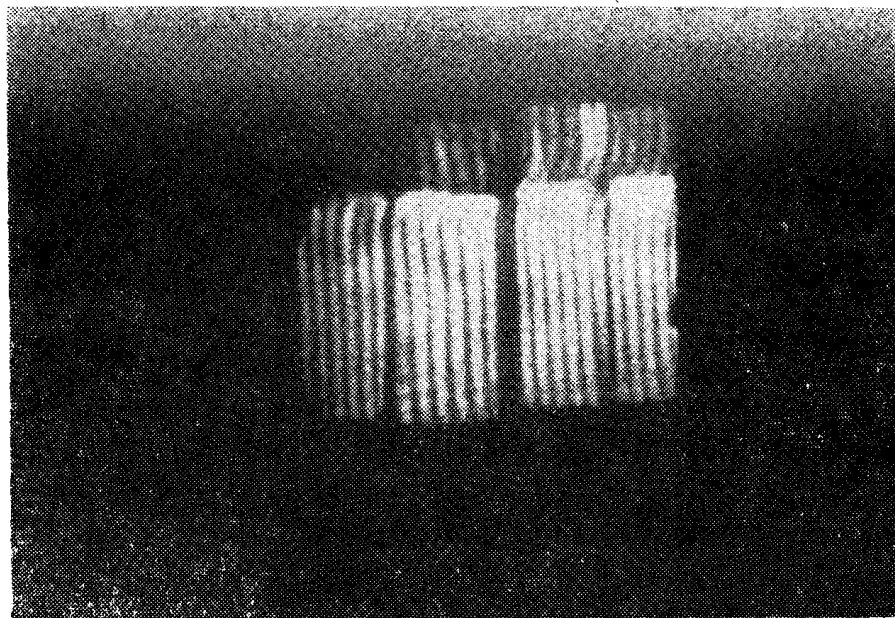


Рис. 2. Интерферограмма границы раздела сплавов

Резюмируя сказанное выше, можно сделать заключение, что голографическая интерферометрия, будучи бесконтактным методом испытания, может быть использована для неразрушающего контроля широкого класса пористых, слоистых и ячеистых структур, которые, выявляя дефекты, не могут быть выявлены другими методами контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы неразрушающих испытаний. М., «Мир», 1972.
2. B. P. Hildebrand, K. A. Heines, Appl. Opt. 5, 172, 595, 1966.
3. R. L. Powell, K. O. Stetson, IOSA, 55, 612, 1593, 1965.
4. A. Kokos, G. V. Ostrovskaya, Yu. I Ostrovsky, A. N. Zeidel, Plus. Zettors, 7, 248, 1965.
5. R. E. Brooks, L. O. Hefflinger, R. F. Wuerker, Appl. Phys. Letters, 7, 248, 1965.
6. L. H. Tanner, I. Sci. Instr, 43, 81, 1966.
7. R. M. Grant, G. M. Brown, mat. Eval, 27, 1969.