

METROLOGÍA ÓPTICA EN DETECCIÓN DE GRIETAS EN ELEMENTOS MECÁNICOS

Amalia Martínez^a, J. A. Rayas^a, H. J. Puga^b, R. Rodríguez Vera^a

^a Departamento de Metrología Óptica, Centro de Investigaciones en Óptica, Apdo. Postal 1-948, C. P. 37000, León, GTO., <u>amalia@cio.mx</u>

^b Instituto Tecnológico de León, Depto. de Ciencias Básicas, Av. Tecnológico s/n Fracc. Julián de Obregón, León, GTO.

RESUMEN

Utilizando interferómetros sensibles en plano y fuera de plano mediante las técnicas de ESPI (Electronic Speckle Pattern Interferometry) e interferometría de moiré se hace detección de fracturas para objetos metálicos y se estudia deformaciones. También se puede hacer estudio de detección de vibraciones mediante los modos de vibración de una membrana metálica por la técnica ESPI usando un sistema sensible a fuera de plano. Se obtiene la información de la deformación al utilizar los patrones de franjas y la componente del vector de sensibilidad apropiada. El uso de iluminación esférica se considera en el cálculo del vector de sensibilidad. Se presentarán algunos resultados.

1. INTRODUCCIÓN

La metrología óptica es importante en la solución de problemas relacionados con la industria automovilística, aeronáutica, análisis no destructivo de materiales compuestos, inspección de turbinas, detección de fracturas en elementos mecánicos, etc. La razón es que se utilizan sistemas de medición de campo completo y en la mayoría de los casos no invasivos, además de alta resolución.

Los sistemas para detección de fracturas, se usan ampliamente al estudiar los campos de deformación estáticos producidos por los esfuerzos a que están sometidas algunas estructuras y de donde se puede determinar si su forma y resistencia satisfacen los criterios de diseño.

Utilizando interferómetros sensibles en plano y mediante las técnicas de ESPI (Electronic Speckle Pattern Interferometry) e interferometría de moiré se hace detección de fracturas para una placa metálica, en este caso se aplica el algoritmo de desplazamiento de fase¹. En detección de vibraciones se estudia los modos de vibración de una membrana metálica por la técnica ESPI usando un sistema sensible a fuera de plano.

2. CORRELACIÓN DE MOTEADO

Utilizando correlación por sustracción¹, se tiene la siguiente relación:

$$\left|I_{f} - I_{i}\right| = 4\sqrt{I_{A}I_{B}} \cdot \left|sen\left(\frac{2\psi + \Delta\phi}{2}\right)sen\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)\right|.$$
(1)

Esta ecuación tiene dos términos que son funciones moduladas entre sí: la primera, con una frecuencia espacial alta (el ruido del moteado) y la segunda, con una frecuencia espacial más baja (las franjas de correlación).

La relación entre la diferencia de fase medida, $\Delta \phi$, y el vector desplazamiento \vec{d} en un punto P es¹:

$$\Delta \phi(P) = \vec{d}(P) \cdot \vec{e}(P) \tag{2}$$

siendo \vec{e} es el vector de sensibilidad dado por²:

$$\vec{e}(P) = \frac{2\pi}{\lambda} [\hat{n}_1(P) - \hat{n}_2(P)],$$
(3)

donde \hat{n}_1 y \hat{n}_2 son los vectores unitarios de iluminación para un interferómetro con sensibilidad en plano, el cual tiene iluminación dual simétrica. Para el caso de un interferómetro con un solo haz de iluminación, se tiene sensibilidad fuera de plano y el vector de sensibilidad está dado por³:

$$\vec{e}(P) = \frac{2\pi}{\lambda} \left[\hat{n}_o(P) - \hat{n}_i(P) \right],\tag{4}$$

siendo \hat{n}_o y \hat{n}_i los vectores unitarios de observación e iluminación respectivamente.

Para el caso de análisis de fracturas, se utilizo un interferómetro con sensibilidad en plano como se muestra en la Fig. 1. En la Fig. 2 se muestra la deformación de una pieza metálica la cual tiene una fractura. Para desenvolver la fase se aplica la técnica de desplazamiento de fase de 4 pasos¹. Utilizando un interferómetro fuera de plano como se describe en la Fig. 3, se obtienen experimentalmente los modos de vibración de una placa de aluminio sujeta a lo largo de su perímetro. La Fig. 4 muestra los modos de vibración obtenidos por ESPI.



Fig. 1 Interferómetro con sensibilidad en plano.





Fig. 3 Interferómetro con sensibilidad "fuera de plano".



Fig. 4 Modos de vibración obtenidos por ESPI: modo 1 a f = 320, modo 5 a f = 960 y modo 6 a f = 1280; f está en unidades de Hz.

3. INTERFEROMETRÍA DE REJILLA

La interferometría de rejilla puede ser explicada⁴ como un proceso que implica la interferencia de dos haces de difracción, Fig. 5. La figura 6 muestra la deformación para la pieza metálica fracturada mediante esta técnica, que fue analizada a la vez por la técnica ESPI.



Fig. 5 Esquema de la interferometría de rejilla.



Fig. 6 Resultados para interferometría de rejilla.

4. CONCLUSIONES

Se describieron sistemas ópticos útiles en la detección de fracturas y detección de modos de vibración. Se observa una mayor resolución para la técnica de interferometría de rejilla.

Agradecimientos

Los autores agradecen a CONCYTEG, CONACYT y COSNET por su apoyo económico.

Bibliografía

- 1. T. Kreis, "Holographic Interferometry: principles and methods", (Akademie Verlag, Berlin, 1996), Chapter 3, pp. 65-82 and Chapter 4, pp. 126-128.
- 2. Amalia Martínez, R. Rodríguez-Vera, J. A. Rayas, H. J. Puga, "Fracture detection by grating moiré and in-plane ESPI techniques," Optics and Lasers in Engineering, Vol. 39,5-6, 2003, pp. 525-536.
- 3. H. J. Puga, R. Rodríguez-Vera, Amalia Martínez, "General model to predict and correct errors in phase map interpretation and measurement from out-of-plane ESPI interferometers," Optics and Lasers Technology, Vol. 34, 1, 2002, pp. 81-92.
- 4. D. Post, B. Han, P. Ifju, "High Sensitivity Moiré: Experimental Analysis for Mechanics and Materials", (Springer-Verlag, New York, 1994), Chapter 4, pp. 135-151.