1er encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia
21 mayo 2004 León Guanajuato

Interferometría de moteado en la detección de deformaciones fuera de plano en una membrana metálica

Daniel D. Aguayo, J. A. Rayas, J. Mauricio Flores M., Amalia Martínez, R. Rodríguez Vera

Departamento Metrología Óptica, Centro de Investigaciones en Óptica A. Col. Loma Del Bosque No. 115, Col. Lomas Del Campestre, C. P. 37150, León, Gto. daguayo@cio.mx

RESUMEN

Utilizando un interferómetro con sensibilidad fuera de plano (tipo Michelson), se analiza la deformación de una membrana metálica la cual forma parte de un empaquetamiento conocido comercialmente como "gasket". La deformación es inducida a través de la aplicación de cargas utilizando un piezoeléctrico que perturba la parte central de la membrana en la dirección de su normal. El patrón de franjas es captado mediante una cámara CCD integrada a un microscopio. La fase desenvuelta es obtenida por el método se desplazamiento de fase de cuatro pasos, la cual, junto con la cuantificación del vector de sensibilidad[1] nos da la información de la deformación.

I. INTRODUCCIÓN

Las técnicas ópticas son ampliamente utilizadas para detección de deformaciones en piezas mecánicas utilizadas en la industria. Entre sus ventajas se puede mencionar que son técnicas de alta precisión y resolución, además de que la mayoría de los casos, estas pruebas son no invasivas.

Para la obtención de la deformación sufrida por la membrana metálica (componente de un empaquetamiento "gasket"), aplicando una carga estática por medio de un piezoeléctrico, se utiliza un interferómetro sensible fuera de plano (tipo Michelson); y las técnicas de ESPI, además de aplicar un algoritmo de desplazamiento de fase[2,3].

II. INTERFEROMETRÍA DE MOTEADO

El patrón de moteado es producto de la interferencia de los frentes de onda esparcidos, al iluminar la superficie rugosa del objeto. Las variaciones en la rugosidad del objeto son mayores a la longitud de onda de la fuente de iluminación (láser), esta iluminación es esparcida en forma aleatoria en todas direcciones, produciendo una interferencia de frentes de onda, y como consecuencia de esta interferencia se forma el patrón de moteado (speckle). Esta técnica presenta una sensibilidad en fase $\Delta\phi$ que esta en función de las intensidades, al hacer interferir un haz de referencia y un haz objeto. Una diferencia de fase es introducida por la deformación, lo que provoca la aparición de franjas, que pueden ser obtenidas por técnicas ESPI de adición o sustracción de patrones de moteado. La visibilidad de patrón de franjas obtenido es mejorado considerablemente usando la técnica de sustracción, que consiste en el valor absoluto de la resta de los patrones de moteado antes y después de la deformación. Lo anterior se representa por la relación[2]:

$$\left|I_A - I_B\right| = 4\sqrt{I_A I_B}\left|sen\left(\frac{2\psi + \Delta\phi}{2}\right)sen\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)\right| \qquad (1)$$

En la ecuación (1), el término senoidal de alta frecuencia representa el moteado y el término de baja frecuencia las franjas correlacionadas, donde el término de baja frecuencia es filtrado digitalmente.
La fase y el desplazamiento sufrido en un punto P del objeto está relacionado por la ecuación [2, 4],

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

donde $\Delta\phi$ es la fase medida, d es el vector desplazamiento y e el vector de sensibilidad, dado por[5]:

$$\vec{e}(P) = \frac{2\pi}{\lambda}\left[\hat{n}_o(P) - \hat{n}_i(P)\right], \tag{3}$$

donde $\hat{n}_o$ y $\hat{n}_i$ son los vectores unitarios de la observación e iluminación en el sistema interferómetrico experimental.
La Fig. 1 muestra el interferómetro con sensibilidad fuera del plano utilizado, el cual utiliza como medio de detección un microscopio con una cámara CCD incorporada. En la Fig. 2 se muestra la deformación del la membrana metálica. El desenvolvimiento se obtiene aplicando un algoritmo de desplazamiento de fase de 4 pasos[3]:

$$\phi = \tan^{-1}\left[\frac{I_2 - I_4}{I_1 - I_3}\right] \tag{4}$$

Donde ϕ es la fase y I_1, I_2, I_3 e I_4 son las intensidades con un desplazamiento en fase de $\frac{\pi}{2}$, una con respecto a las otra.

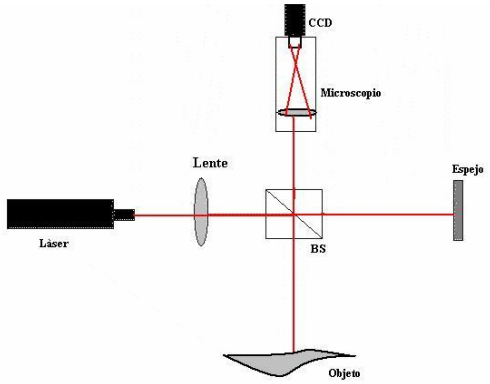

Fig.1.Interferómetro con sensibilidad fuera del plano.

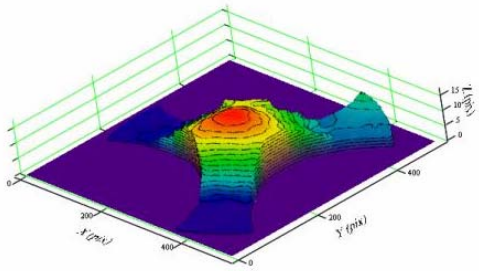
Fig. 2. Resultados con ESPI.

III. CONCLUSIONES
Se usa la técnica de interferometría para detectar la deformación de la membrana metálica por medio de una carga estática. El estudio de esta pieza específica se realiza para obtener el grado máximo de deformación que puede soportar.

Agradecimientos
Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología(CONACyT) y al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato(CONCyTEG), por su apoyo para la realización de este trabajo.

Referencias

1. H.J. Puga, R. Rodríguez Vera, Amalia Martínez, “General model to predict and correct errors in phase map interpretation and measurement for out-of-plane ESPI interferometers,” Opt. & Laser Technology, Vol. 34, 2002, pp.81-92.
2. T. Kreis, Holographic interferometry:priciples and methods, Akademie Verlag, Berlin, 1996.
3. Malacara, D., Servin, M. Y Malacara; Z., Interferogram analysis for optical testing; Series: optical engineering, Ed. Marcel Dekker, Inc.U.S.A. 1998.
4. Sirohi, R.S. & Siong Chau, F.,Optical methods of measurements: wholefield techniques, Ed.Marcel Dekker, Inc. U.S.A., 1999.
5. Amalia Martinez, R. Rodriguez –Vera, J.A. Rayas, H.J. Puga, “Error in the measurement due to the divergence of the object illumination wavefront for in plane interferometers,” Optics Communications, 2003