

Capítulo 6

Conclusiones. Líneas de desarrollo.

6.1. Conclusiones.

En este proyecto presentamos una potente herramienta de cálculo de metrología, basado en la interferometría holográfica digital, que puede ser aplicada a una gran variedad de situaciones. El campo de aplicación que hemos desarrollado en este proyecto es el del cálculo de los desplazamientos de la superficie de un objeto opaco.

Empleando interferometría holográfica digital, el proceso de registro lo realizamos utilizando como elemento sensible un CCD. Tenemos la ventaja de que es un elemento reutilizable para hacer cuantos registros deseemos y de bajo umbral sensible. Además, no necesita de largos y tediosos procesos de revelado químico como las placas holográfica, ya que el holograma digital queda registrado de forma automática en la memoria de la computadora.

Todo el proceso de reconstrucción se realiza en la computadora. La reconstrucción numérica permite el acceso tanto a la amplitud como a la fase de los campos luminosos reconstruidos, por lo que como resultado obtenemos imágenes con valores comprendidos entre 0 y 2π , en vez de las franjas que se obtenían en la reconstrucción física. Esto permite tener una alta resolución en la distribución de interferencia de fase, tanta como la resolución del sensor CCD. De esta forma, pese a que de un CCD se obtienen hologramas de menor resolución que con una placa holográfica, la distribución de interferencia de fase en el experimento de interferometría digital es de mayor resolución que en la interferometría física. Usando este método el cálculo de la distribución de fase se hace rápidamente y consumiendo un número reducido de recursos.

Utilizando interferometría holográfica digital solo el proceso de registro se realiza en el laboratorio, ya que el proceso de reconstrucción se realiza virtualmente en la computadora. Por tanto, el tiempo necesario para calcular el campo de desplazamientos se reduce con respecto a la interferometría física, no solo por el hecho

de evitar el revelado químico, sino sobre todo por que el proceso de reconstrucción se realiza virtualmente en la computadora de forma rápida y precisa, y sin necesidad de reproducir el montaje inicial.

Gracias a la alta resolución que obtenemos en el campo de desplazamientos nos permite extraer conclusiones acerca de las tensiones y deformaciones a las que está sometido el objeto mediante diferenciación numérica.

Las medidas se realizan de forma no invasiva y sin contacto físico con el componente bajo estudio. De esta forma nos aseguramos que al realizar las medidas no alteramos el estado de deformación bajo el que se encuentra el sólido.

Este método permite también, registrar cambios en el camino óptico inducidos en el objeto bajo la acción de cargas de muy baja intensidad, lo que abre el campo de análisis no destructivos de materiales.

El montaje óptico es bastante simple y contiene un número reducido de componentes. Esto permite que el montaje se pueda realizar de forma compacta y relativamente económica. Un mismo montaje puede ser usado tanto para el cálculo de desplazamientos como para cualquier otra aplicación que necesite los mismos vectores de sensibilidad, como por ejemplo la determinación de contornos o el análisis de vibraciones.

La precisión de la medidas viene condicionada por la longitud de onda del láser empleado y por la profundidad de imagen de nuestro sistema de cálculo. En nuestro caso la precisión que tenemos es de $\lambda/2^8$.

Por todo esto, concluimos diciendo que esta herramienta calcula los desplazamientos de la superficie de un objeto opaco de forma rápida y precisa, sin alterar el estado del objeto bajo estudio y con bajos requerimientos económicos.

6.2. Líneas de desarrollo.

Contorneado

Utilizando interferometría holográfica podemos determinar la geometría de la superficie de un objeto opaco de forma cuantitativa. Por “contorneado” entendemos la evaluación de la posición de los puntos de la superficie de un objeto dentro de un sistema de referencia.

Cuando aplicábamos interferometría holográfica digital al cálculo de desplazamientos, comparábamos dos estados de deformación distintos del objeto. Obteníamos una distribución de interferencia de fase fruto del producto escalar del vector desplazamiento y el vector de sensibilidad en cada punto. El vector desplazamientos describía la variación de la posición de los puntos de la superficie del objeto entre los dos estados bajo estudio. El vector de sensibilidad permanecía constante entre los dos estados de bajo estudio, y venía determinado por la longitud de onda del láser, las direcciones de iluminación y de observación, y la geometría de la superficie del objeto.

Para la determinación de la geometría de un objeto invertiremos el concepto en el que producimos interferencia. La distribución de interferencia que generaremos no será producida por un campo de desplazamientos, ya que el objeto permanecerá inalterado. La distribución de interferencia la produciremos a partir de la variación de los vectores de sensibilidad entre los dos estados.

Postprocesado

Procesando el campo de desplazamientos calculado mediante interferometría holográfica digital podemos determinar propiedades mecánicas del material bajo estudio.

La solución al problema en tensiones y deformaciones conociendo el campo de desplazamientos de la superficie no es única. Solo para ciertas condiciones de carga y un reducido número de geometrías posibles, podemos determinar el campo de tensiones y deformaciones bajo el que se encuentra el objeto.

Esta herramienta de cálculo en combinación con técnicas de elementos finitos y elementos de contorno, permite un mejor conocimiento de las propiedades mecánicas de materiales. Puede ser utilizado para validar el campo de desplazamientos de la superficie de un objeto obtenido a partir de estas técnicas, y así corroborar la discretización realizada. Si la concordancia entre el campo de desplazamientos medido utilizando interferometría holográfica y el campo calculado matemáticamente es exacta, podemos suponer que no solo el campo de desplazamiento ha sido calculado correctamente, sino que también estarán bien calculados el campo de tensiones y deformaciones.

Análisis de vibraciones

La interferometría holográfica se presenta como una técnica óptima para el análisis de vibraciones, ya que al ser una técnica no invasiva, no altera el estado de vibración del objeto bajo estudio.

Aplicando interferometría holográfica digital podemos determinar la amplitud de la vibración de todos los puntos de la superficie de un objeto opaco de forma simultánea.

Un campo de aplicación muy interesante de la interferometría holográfica en el análisis de vibraciones es la determinación de los modos y frecuencias de vibración de un

determinado componente. Con este cálculo podremos evaluar la respuesta de dicho componente a otro tipo de vibración, y así prever comportamientos anormales en unas determinadas condiciones de operación.

Hogramas de transmisión

Dentro de los hologramas de transmisión podemos incluir los realizados sobre sólidos, líquidos o gases que transmitan la radiación de longitud de onda del láser empleado.

En el caso de sólidos transparentes podremos determinar el estado de deformación que sufre el objeto. Esta diferencia en el estado de deformación, hace que el camino recorrido por el haz de iluminación al atravesar el objeto provoque interferencia. Evaluando esta interferencia obtendremos el estado de deformación del objeto.

Para el caso de gases y líquidos podremos determinar los cambios en la distribución de densidades, que es la que provoca la variación del camino óptico recorrido. Comparando dos estados del fluido, obtendremos una distribución de interferencia de fase de la que podemos obtener los cambios en la distribución de densidad del fluido. También podemos aplicar la interferometría holográfica al seguimiento de partículas en suspensión en el seno de un fluido.