

Capítulo 3

Dilatometría óptica

El análisis termomecánico pertenece a las técnicas dilatométricas y su objetivo es el medir la deformación de un material de prueba bajo condiciones térmicas controladas.

Existen analizadores termomecánicos basados en dilatometría mecánica, cuya máxima resolución es del orden de ppm (partes por millón).

Sin embargo los dilatómetros más modernos utilizan técnicas ópticas, interferometría, para realizar medidas en la variación de longitud del material de prueba. Estos dilatómetros ofrecen una mayor resolución, del orden de ppb (partes por billón).

3.1. Dilatometría óptica

Los dilatómetros ópticos son capaces de medir la variación de longitud del material de prueba sin aplicar ninguna carga sobre él y sin contacto. Las medidas se realizan aprovechando el fenómeno de interferencia de la luz monocromática, para medir la variación del camino óptico de un objetivo frente a una referencia. Las medidas son fracciones de una longitud natural, la longitud de onda de la luz del laser usado, del orden de nanómetros.

3.1.1. Interferometría

El aspecto más importante desde el punto de vista de la medición de longitudes mediante interferometría viene de la relación existente entre la variación del camino óptico recorrido y la fase entre dos ondas de luz interferentes:

$$\Delta\phi = 2\pi \frac{\delta}{\lambda} = 2\pi \frac{|r_2 - r_1|}{\lambda}, \quad (3.1)$$

donde $\delta = |r_2 - r_1|$ es la diferencia de camino óptico entre dos ondas de luz interferentes cuando viajan caminos ópticos distintos.

El interferómetro más simple para medir distancias es el interferómetro de Michelson, donde un fotodetector detecta el patrón de interferencia producido al mover un espejo de medida, usando un haz de luz proveniente de un espejo fijo de referencia para crear interferencias (figura 3.1).

Existen dos tipos de detección: la detección homodina y la heterodina:

Homodina: el patrón de interferencia se genera por la superposición de dos haces a la misma frecuencia (originados de la división en dos de un haz original). Se observa una variación del patrón de interferencia en la intensidad de la señal detectada, se habla entonces de detección DC.

Heterodina: los cambios en el camino óptico recorrido son medibles a partir de la información contenida en la fase de la señal detectada a la frecuencia heterodina $f_{het} = |f_2 - f_1|$, originada de la superposición de dos haces a diferentes frecuencias (f_1 y f_2). Se habla de detección AC. La fase de la señal detectada se corresponde con la diferencia de fase de los haces superpuestos $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$. La heterodinación resulta en una señal modulada AM, a baja frecuencia y fácilmente detectable.

3.1.2. Dilatómetros ópticos

Un dilatómetro se construye en base a un interferómetro pero forma un sistema ligeramente más complejo. Los interferómetros usados están normalmente basados en configuraciones conocidas sobre las que se aplican ligeras modificaciones.

Generalmente se implementan interferómetros heterodinicos ya que entre otros aspectos estos son insensibles a variaciones en la intensidad de la fuente de luz.

Desde el punto de vista de la configuración se pueden clasificar teniendo en cuenta el camino recorrido por los haces de medida en el interferómetro en:

- *Paso simple:* un sólo haz es usado como haz de medida y reflejado por un extremo del DUT para superponerse con el haz de referencia.
- *Doble paso:* el haz de medida se refleja dos veces en el DUT simétricamente con el centro del espejo de medida. Esta técnica reduce la sensibilidad a rotaciones o inclinaciones del espejo o la superficie reflectante fija al DUT.

Basándose en la manera en que miden el DUT:

- *Terminado simplemente:* el haz de medida es reflejado por el DUT mientras que el haz de referencia es reflejado por una referencia auxiliar separada del DUT.
- *Doblemente terminado:* el haz de medida es reflejado por los dos extremos del DUT eliminando así incertidumbres introducidas por la unión entre el DUT y la referencia.

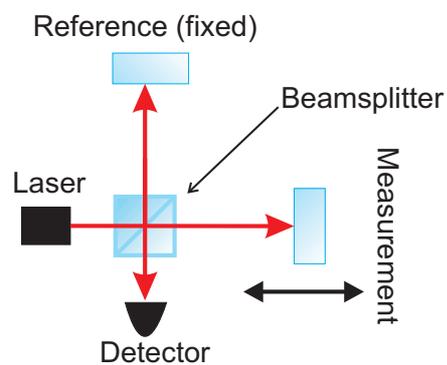


Figura 3.1: Esquema de un interferómetro de Michelson. El desplazamiento de un espejo de medida puede ser medido usando el patrón de interferencia resultante de la superposición del haz de luz reflejado por este espejo con otro proveniente de un espejo de referencia fijo.

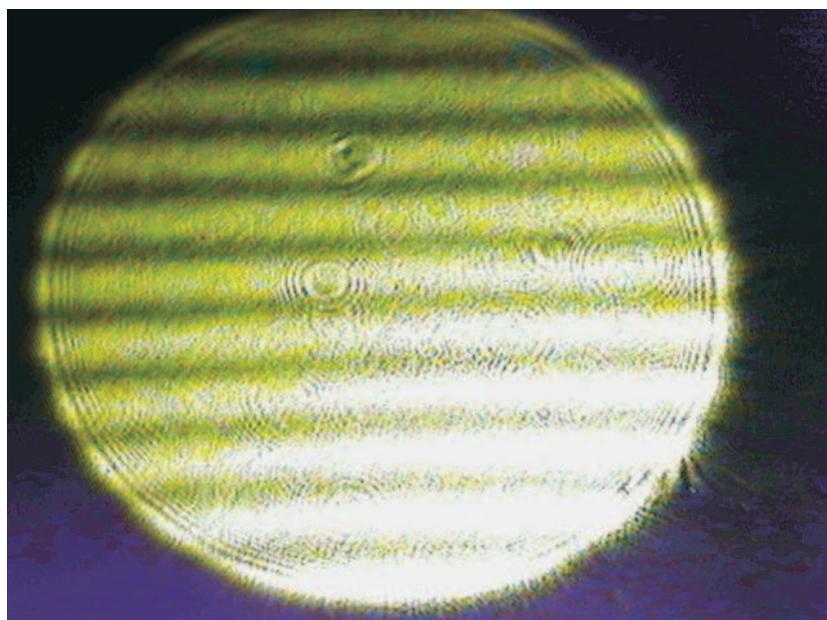


Figura 3.2: Patrón de interferencia de superponer dos haces de luz generados por un láser.

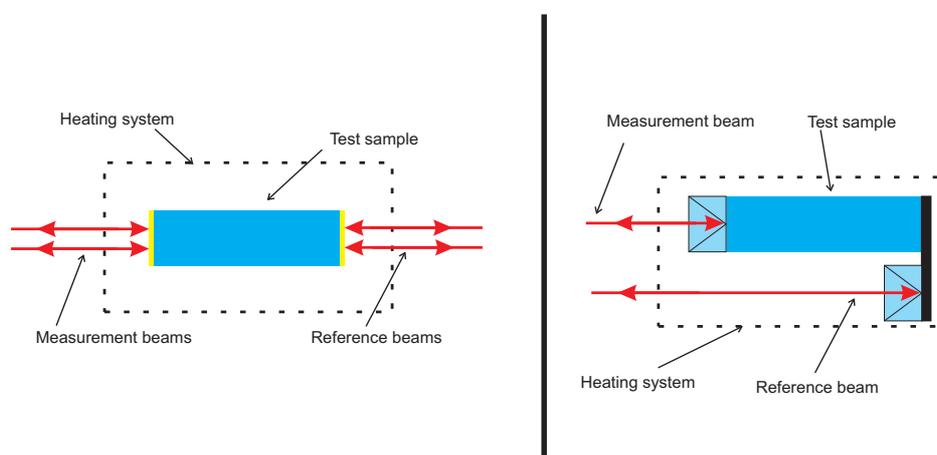


Figura 3.3: *Dilatómetros ópticos: doble paso, doblemente terminado [16] (izquierda) y paso simple, terminado simplemente [17].*