

METODO HIBRIDO ANALOGICO-DIGITAL DE METROLOGIA 3D DE SUPERFICIES.

M.R. LANDAU¹, E.N. HOGERT¹, M.A. REBOLLO^{2*} y N.G. GAGGIOLI^{1**}

1- GRUPO DE OPTICA Y LASER, ENDYE, CAC, COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA,
AV. DEL LIBERTADOR 8250, (1429) BUENOS AIRES.
2- LAB. METROLOGÍA OPTICA, DPTO. DE FÍSICA, FAC. DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE BS. AS.,
PASEO COLÓN 850, (1603) BUENOS AIRES.
e-mail: gaggioli@cnea.edu.ar

Cuando el movimiento de una superficie rugosa involucra una rotación, se tiene una zona circular de no desplazamiento del speckle. Basándose en este fenómeno, se presenta una técnica analógica-digital para determinar rototraslaciones de un difusor. Para ello, primero se construye un filtro fotográfico con el speckle obtenido antes de mover la superficie. Una cámara CCD bidimensional captura la imagen transmitida por el filtro, después de producido el movimiento y mediante un algoritmo de cálculo, se determina dicho corrimiento.

When the movement of a rough surface involves a rotation, there is an annular region where the speckle suffers no displacement. We use this phenomenon to present an analogical-digital technique to determine rototranslations of the diffuser. With the speckle obtained before the surface was moved, we construct a photographic filter. Then, a CCD camera captures the image of the ring, transmitted by the filter after the surface movement. We process this image using a calculus algorithm, to obtain the movements magnitude.

INTRODUCCION

Al reposicionar el registro fotográfico de una figura de speckle, producida por un vidrio esmerilado, actúa como un filtro que obstruye el paso de la intensidad luminosa transmitida por el difusor. Luego, cualquier movimiento posterior del difusor, produce un aumento de la intensidad transmitida por el negativo. Si dicho movimiento incluye una rotación, se observa sobre el negativo una aureola más oscura, correspondiente a la zona de no desplazamiento del speckle⁽¹⁻⁵⁾, cuyos parámetros dependen de la geometría del sistema.

En este trabajo se presenta una técnica analógica-digital, que captura la imagen de la aureola con una cámara CCD bidimensional conectada a una PC, observándose en su monitor. Mediante un algoritmo de cálculo, se procesa esta imagen para obtener la magnitud y la dirección de los desplazamientos efectuados por la superficie.

REVISION TEORICA

Se ilumina una transparencia difusora G (Fig. 1) con una onda plana coherente. El plano de observación $\Pi_0(\eta, \xi)$ es perpendicular al haz incidente y paralelo al plano medio de la superficie $\Pi(x', y')$. Al rotar G un pequeño ángulo α respecto del eje y (paralelo a y' y perpendicular al haz incidente), el speckle se deforma y se traslada de manera no uniforme.

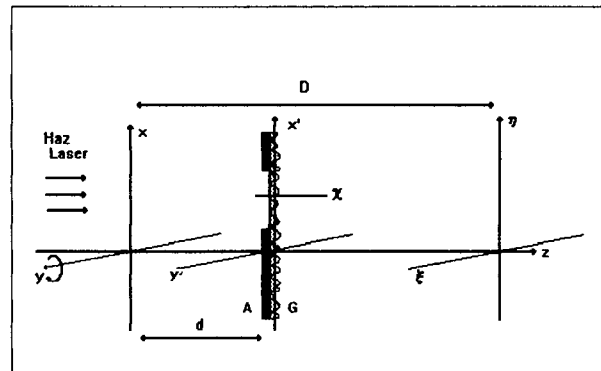


Figura 1: Diagrama Esquemático del Sistema

Se ha demostrado^(1,2,3) que, si el eje de giro no está contenido en el plano medio del difusor, el speckle sufre un corrimiento en la dirección η , que se anula sobre una circunferencia de centro C y radio R iguales a:

$$C(D, d, \alpha) = \left[\frac{D\alpha}{2} + \chi; 0 \right]$$

$$R(D, d, \alpha) = \frac{D\alpha}{2} \sqrt{1 + \frac{8d}{D\alpha^2} + \frac{4\chi^2}{\alpha^2 D^2}} \quad (2)$$

donde:

D es la distancia difusor-plano de observación.
 (η, ξ) son las coordenadas del plano de observación.

* Profesional de la Carrera de Apoyo del CONICET

** Investigador de la Carrera del CONICET

d es la distancia eje de giro-plano medio de la superficie.
 χ es la distancia eje de coordenadas-centro del área iluminada.

Midiendo C y R se puede determinar d y χ .

EXPERIENCIA

Se ilumina un difusor G con un haz láser de He-Ne, limitando la zona iluminada con un diafragma A . El plano de observación $\Pi_0(\eta, \xi)$ es perpendicular al haz incidente, y se encuentra a una distancia D del plano medio de G , $\Pi(x', y')$. El eje de rotación y es perpendicular al haz incidente y se encuentra a una distancia d del plano medio $\Pi(x', y')$ y a una distancia χ del centro del área iluminada (Fig.2). Una placa fotográfica, Holotest 8E75 AGFA-GEVAERT, ubicada en el plano $\Pi_0(\eta, \xi)$, registra el primer speckle. Se trabajó en la zona lineal de la placa, y se usó el revelador 3GP a 20°C, según recomendación del fabricante de la misma. Una vez revelada y reposicionada, la intensidad transmitida por ella es mínima (actúa como un filtro de intensidad F). Inmediatamente detrás de F , se coloca una pantalla graduada P . Al rotar G un ángulo α , se tiene sobre P la intensidad transmitida por F , observándose una aureola más oscura (Fig.3), correspondiente a la zona de no desplazamiento de speckle. Una CCD bidimensional captura dicha imagen y la almacena en una PC. Sobre el monitor de la PC se tiene la imagen de la aureola ampliada; con el software provisto por el fabricante de la CCD, se miden su centro C y su radio R .

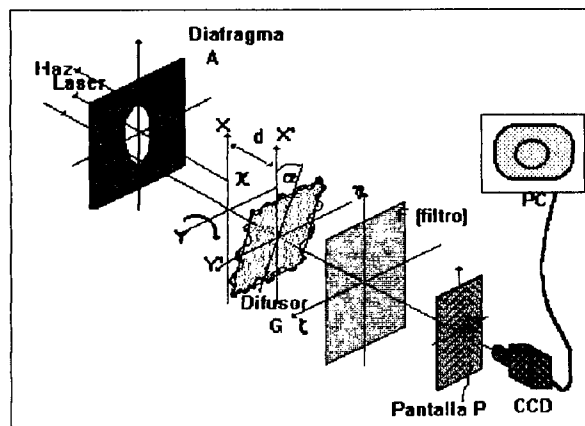


Figura 2: Dispositivo Experimental

Para optimizar el método, se realizaron, para la misma geometría, distintos registros fotográficos de un solo diagrama de speckle, variando el tiempo de exposición T

y el tamaño del diafragma A . Los mejores resultados se obtuvieron para $T = 4'$ y $A = 6,3 \text{ mm}$.

Posteriormente, con el filtro óptimo, se varió el diafragma ϕ da la CCD, observándose que la nitidez de la aureola aumentaba con ϕ .

La Tabla 1 muestra algunos resultados obtenidos para $D = 308 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. Se midió R y C con un error de 0,4mm. Se puede observar que para distintos valores de α , se obtienen valores comparables de d y χ .

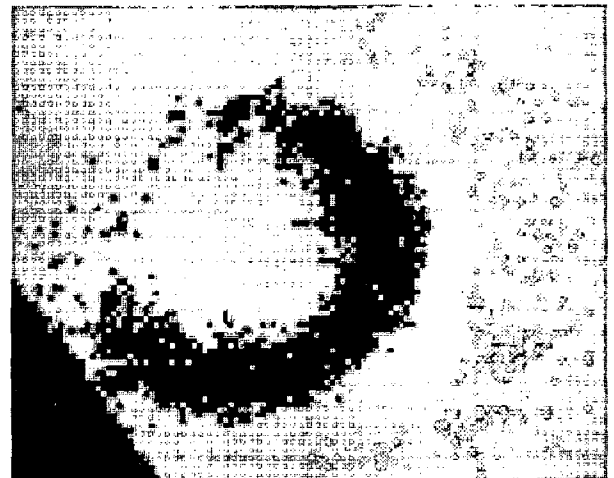


Figura 3: Imagen de la aureola

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos concuerdan con lo esperado. La placa fotográfica resuelve completamente cada grano de speckle. Así, para la misma geometría que en el trabajo "Metrología 3D mediante una digital de speckle", se obtiene una aureola más angosta y más nítida, disminuyendo el error en R y C , por lo tanto en d y χ .

La finalidad de este trabajo es poder medir deformaciones "in situ" en una fábrica. Por lo tanto la desventaja de esta técnica mixta es la necesidad de realizar un registro fotográfico, lo que implica más tiempo de trabajo, que se traduce en costos en una línea de producción.

Es probable que usando una cámara de video convencional, un monitor de muy alta resolución, y un software más complejo, se pueda mejorar notablemente la resolución del método, disminuyendo el error en las mediciones.

Tabla 1

| $\alpha[^\circ \pm 2']$ | $R[\text{mm} \pm 0,8\text{mm}]$ | $C[\text{mm} \pm 0,8\text{mm}]$ | $d[\text{mm}]$ | $\chi[\text{mm}]$ |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------|
| $5^\circ 00'$ | 8,9 | 13,4 | -0,18 | 0,01 |
| $5^\circ 30'$ | 12,6 | 14,8 | -0,14 | 0,01 |
| $6^\circ 00'$ | 12,7 | 15,5 | -0,16 | 0,01 |
| $6^\circ 30'$ | 14,59 | 17,0 | -0,15 | 0,02 |

REFERENCIAS

1. Mendez, J.A. and Roblin, M.L..Opt. Com., 15,2(1975)
2. Mendez, J.A. "Variaciones del speckle producidas por mov. de la superficie difusora, Tesis Doctoral, U. de Navarra, España.(1976).
3. Hogert, E.N.; Lunazzi, J.J. and Gaggioli, N.G. Appl. Optics, 28, 722(1989)
4. Landau, M.R.; Hogert, E.N., Rebollo, M.A. and Gaggioli, N.G. J. Mod. Optics, 41, 2229(1994)
5. Landau, M.R.; Hogert, E.N.; Rebollo, M.A. and Gaggioli, N.G.; 1992, J. Mod. Optics, 39, 2161.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado mediante subsidio del CONICET y la CNEA.