

# MÉTODO VISUAL PARA LA DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD DE SUPERFICIES

M. R. Landau\* ; E. N. Hogert, N. G. Gaggioli, \*\*\*

Comisión Nacional de Energía Atómica, CAC, Gerencia de Desarrollo,  
Departamento INEND, Grupo de Óptica y Láser, Libertador 8250 (1429), Buenos Aires.

M. A. Rebollo, \*\*

Facultad de Ingeniería de la UBA, Laboratorio Láser, Paseo Colón 850 (1063), Buenos Aires.

Para la medición de rugosidad de superficies existen métodos mecánicos y ópticos. Los primeros son de tipo destructivos, y los segundos, aunque de tipo no destructivos, involucran sistemas y cálculos relativamente complejos. En este trabajo presentamos un método sencillo que permite, mediante la observación directa de la figura de speckle, realizar una correlación visual de ella al variar el ángulo de incidencia sobre la superficie que la produce. Por este método es posible obtener resultados con una precisión aceptable para muchos usos industriales.

There are mechanics and optics methods to measure the surfaces roughness. The first one are a destructive type. The second ones, although they are of non destructive kind, involve relatively complex systems and calculations. In this work we introduce a simple method which allows, through the direct observation of speckle pattern with the others obtained when the beam incident angle is varying. By this method it is possible to obtain results with acceptable accuracy for many industrial uses.

## I. INTRODUCCIÓN

El método de correlación de speckles compara dos patrones de intensidad difundidos por una superficie rugosa al modificar las condiciones iniciales de incidencia<sup>1,2</sup>

Se puede observar que, al variar el ángulo entre la onda incidente y la superficie rugosa, el conjunto de granos de speckle sufre un desplazamiento con una leve modificación en su forma, que aumenta al crecer la diferencia entre los ángulos inicial y final. De esta manera, el speckle así obtenido es diferente del speckle inicial, pero posee con el primero un cierto grado de correlación que depende de la rugosidad de la superficie.

En este trabajo la correlación se realiza en forma visual.

## II. FUNDAMENTO TEÓRICO

La técnica aquí utilizada se basa en la teoría del método de correlación óptica de speckle desarrollado por Leger<sup>1</sup> para medir rugosidad de superficies. Esto mismo fue aplicado por Rebollo *et al.*<sup>3</sup>

en el desarrollo de un método de correlación digital de speckles con el mismo fin.

En el presente trabajo se observa, sobre una pantalla, la distribución de intensidad de speckle producida al iluminar una superficie rugosa y se la correlaciona visualmente, con una nueva distribución de intensidad, producida al rotar la superficie. Por lo tanto, la correlación es igual a<sup>1</sup>:

$$\gamma_1(\delta\theta) = \exp \left[ -\sigma^2 \left( \frac{4\pi}{\lambda} \sin\theta \right)^2 \delta\theta^2 \right] \quad (1)$$

Donde:

$\gamma_1$  : Correlación de Intensidades.

$\sigma$  : Rugosidad de la Superficie.

$\theta$  : Ángulo de incidencia inicial.

$\delta\theta$  : Ángulo de rotación de la superficie.

## III. DESARROLLO EXPERIMENTAL

A través de la lente convergente (L), se enfoca un haz láser sobre la superficie rugosa formando un ángulo  $\theta$  con la normal, como indica el esquema de

\*Becaria CNEA

\*\*Técnica del CONICET.

\*\*\*Investigador del CONICET

la Fig. 1. La muestra está montada sobre un goniómetro, que permite rotarla alrededor de un eje contenido en ella.

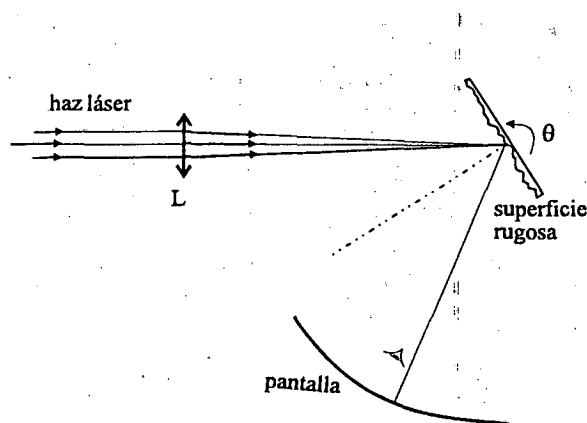


Fig. 1: Geometría del Sistema de Detección.

A una distancia de 1.8 m se coloca una pantalla de observación semicircular, de manera que la distancia entre el objeto y el plano de observación permanezca constante.

Luego, se procede de la siguiente manera: Frente a la pantalla se coloca un observador que individualiza, en la dirección especular, una zona de la figura de speckle (formada por un conjunto de 5 ó 6 granos). Se efectúa la rotación de la superficie y el observador sigue el desplazamiento de cada grano hasta su desaparición, registrándose el valor del ángulo para el cual esto se produce. Se repite esta operación para diferentes zonas y diferentes observadores.

Se realiza luego un promedio de los ángulos de extinción y se le asigna el valor de correlación  $\gamma_1(\delta\theta) = 0.01^4$ .

A partir de la expresión (1) se obtiene el valor de la rugosidad  $\sigma$ .

Las mediciones se realizaron sobre un conjunto de muestras metálicas de rugosidad conocida. La Tabla I muestra los resultados.

Muestra	$\sigma$ ( $\mu$ )	$\bar{\sigma}_{\text{rug}}$ ( $\mu$ )	$\Delta\sigma$ ( $\mu$ )	$\Delta\bar{\sigma}_{\text{rug}}$ ( $\mu$ )
1	5.1	5.4	0.5	1.0
2	4.6	4.0	0.5	0.8
3	2.6	2.3	0.5	0.5

Tabla I.

#### IV. CONCLUSIONES

De la Tabla I se puede observar una buena concordancia entre los valores obtenidos con este método y los medidos con un rugosímetro electro-mecánico.

En esta técnica se consideró que el punto de extinción del grano de speckle corresponde a la decorrelación total del mismo, coincidiendo con el mínimo contraste perceptible por el ojo. Para las mediciones visuales de valores intermedios de correlación entre 1 y 0.01, se debería precisar la diferencia entre la disminución del contraste del speckle y la medida porcentual del cambio de forma (decorrelación).

Resulta evidente la ventaja de este método en distintos tipos de aplicaciones industriales, donde es necesario evaluar rápidamente la rugosidad de una muestra.

Durante el desarrollo de este trabajo, se han encontrado algunos problemas relativos a la determinación de correlaciones visuales entre 0 y 1. Esto ha motivado iniciar otro estudio relativo a la caracterización visual de formas diversas. Los resultados que se obtengan en ese sentido, permitirán mejorar la precisión del método expuesto en este trabajo.

#### REFERENCIAS

- Leger, D. "Deux methods de mesure de rugosites par correlation de speckles". These de Docteur Ingenieur, Universite de Paris-Sud, France (1976).
- Leger, D. ; Mathieu, E. and Perrin, P.; Appl. Opt. 14, 872 (1975).
- Rebollo, M. A. et al. "Medición de la rugosidad de superficies por medio de la correlación digital de speckles". Anales de la AFA 3, 181 (1991)
- Françon, M. "Diffraction, coherence en optique". Ed. Gauthier-villars; Paris, Pag. 88 (1964).