

CALIBRACIÓN INTERFEROMÉTRICA DE BLOQUES PATRÓN: ESTUDIO DE LA CORRECCIÓN POR SALTO DE FASE EN ACERO, UTILIZANDO EL MÉTODO DE APILAMIENTO

Beer E., Alvarez L., Bastida K., Giarmana G.
INTI Física y Metrología
 giarmana@inti.gov.ar

OBJETIVO

La unidad de longitud, el metro, se materializa por medio de bloques patrón (BP). El método más exacto y preciso para calibrar la longitud de los BP es a través de técnicas interferométricas. La longitud de un BP se define, por norma como la distancia desde el centro de una de sus caras hasta una platina auxiliar donde se encuentra adherida la otra cara. El resultado de la medición interferométrica de la longitud de un BP, debe incluir una corrección por salto de fase, dado que tanto la cara del BP como la platina se comportan como espejos, con lo cual el cambio de fase en la luz reflejada dependerá del tipo de material, el acabado superficial y sus propiedades ópticas.

DESCRIPCIÓN

La corrección por salto de fase se determina experimentalmente para cada juego de BP. En este trabajo se utiliza el denominado método de apilamiento. Dicho método consiste en seleccionar n BP cortos que han sido previamente medidos interferométricamente y cuyos resultados para ambas caras, además, muestran concordancia. Dichos BP se adhieren unos con otros, para formar un nuevo BP más largo. (Fig. 1)

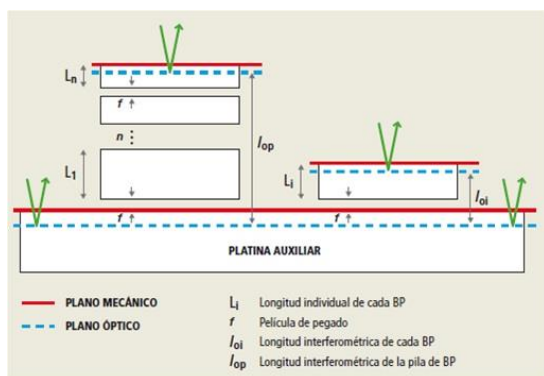


Fig. 1 Método de apilamiento: se indica la diferencia entre la localización de los planos óptico y mecánico para una pila de BP.

La longitud del conjunto, $l_{o,p}$, se mide en forma interferométrica y se la compara con la suma de las longitudes interferométricas individuales de los BP, $l_{o,i}$, que conforman el conjunto. La diferencia de las longitudes mencionadas da como resultado la corrección por salto de fase, φ , ecuación (1).

$$\varphi = \frac{1}{n-1} \left[l_{o,p} - \sum_{i=1}^n l_{o,i} \right] \quad (1)$$

Si los BP que conforman la pila son cortos (< 30 mm), la incertidumbre combinada de la corrección por salto de fase es:

$$u_c^2(\varphi) \cong \frac{(n+1)}{(n-1)^2} \left[u_c^2(F_i) + u^2(l_w) + u^2(l_A) + u^2(l_G) \right] \quad (2)$$

donde las contribuciones de incertidumbre corresponden a la fracción de franja, F_i , a la película de pegado, l_w , a errores del frente de onda, l_A y a defectos de forma, l_G .

RESULTADOS

Se determina experimentalmente la corrección por salto de fase para acero, teniendo en cuenta diversos parámetros de influencia como el número de BP que forman el apilamiento, la longitud nominal del conjunto, la diferencia de las longitudes interferométricas obtenidas para ambas caras de cada BP, platina (Tabla 1).

L nominal del conjunto [mm]	Conjuntos	Fabricante	# de BP del conjunto	Platinas
< 5	2	#1	4	106
5 < L ≤ 11	6	#1 (3) #2(2)	(3, 4, 5) (3, 4)	106,84, 83
≅ 15	4	#1 (3)	2, 3	83, 105
> 20	6	#1(4); #2(1); #3 (1)	(3, 4, 5) (3) (3)	106, 83, 105

Tabla 1. Parámetros de influencia que se han tenido en cuenta en la determinación de la corrección φ

Las mediciones se realizan en un interferómetro Twyman-Green TESA, que utiliza dos láseres estabilizados de 633 nm y 543 nm. El patrón de interferencia se analiza por el método de los excedentes fraccionarios. Las contribuciones a la incertidumbre de medición de φ se muestran en la Tabla 2.

Componente	u_i (nm)
Fracción de franja, $u(F_i)$	2,2
Película de pegado, $u(l_w)$	5,2
Errores del frente de onda, $u(l_A)$	2,5
defectos de forma, $u(l_G)$	1,1

Tabla 2 – Contribuciones a la incertidumbre de φ

Las Figuras 2 a 5 muestran los resultados de la determinación de ϕ obtenido en función de los parámetros que se consideran más relevantes: número de BP que integran el conjunto, longitud nominal del conjunto, diferencia promedio entre caras y platina.

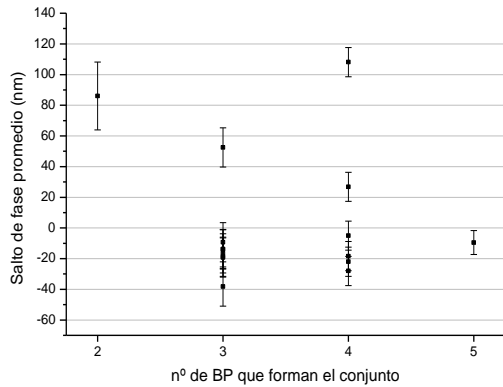


Fig.2- Salto de fase en función de la cantidad BP que forman el conjunto.

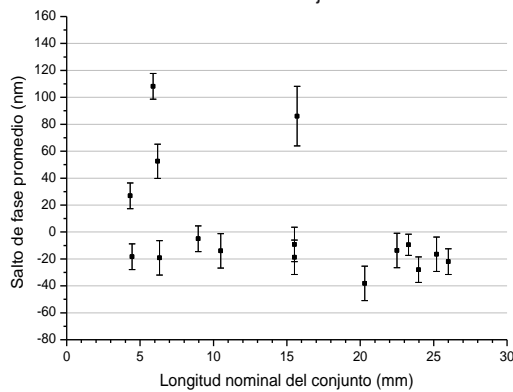


Fig.3- Salto de fase en función de la longitud nominal del conjunto.

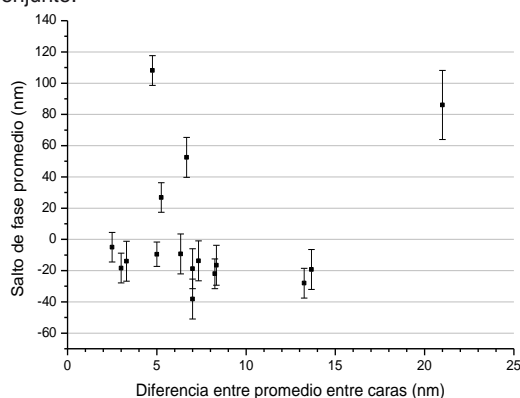


Fig.4- Salto de fase en función de la diferencia promedio entre caras.

Se verifica que la incertidumbre en la corrección por salto de fase se reduce al aumentar el número de BP que conforman el conjunto, pero en la práctica no es favorable que el número de bloques supere los cuatro, debido a la dificultad en el armado del conjunto. Por otro lado se observa una menor dispersión de la corrección por salto de fase para

longitudes nominales del conjunto comprendidas entre 10 mm y 25 mm. Y que los conjuntos adheridos a las platinas 105 y 106 muestran una mayor dispersión que el resto. En lo que se refiere a la diferencia entre caras, se observa que lo ideal es que la misma no supere los 20 nm.

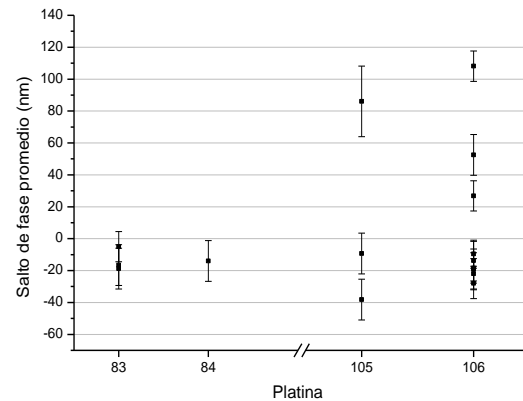


Fig.5- Salto de fase en función de la platina auxiliar.

CONCLUSIONES

A partir del análisis de estos parámetros fue posible establecer criterios adecuados para una mejor determinación de la corrección por salto de fase en la calibración de BP por métodos interferométricos, lo cual constituye para INTI-Física y Metrología, una significativa mejora en cuanto a la materialización del patrón nacional de longitud. Por otro lado, se considera conveniente realizar un análisis estadístico de conjuntos adheridos a las diversas platinas. Un análisis similar sería necesario para el caso de las diferentes manufacturas, a fin de contar con una referencia empírica, para el caso de mediciones de BP individuales o cuando los juegos de BP no son suficientes para hacer la determinación de la corrección por salto de fase por el método de apilamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Gauge Blocks, ISO 3650. Standards Handbook 33: applied metrology-Limits, fits and surface properties. 1978 (E), 1988.
- Emilio Prieto, (2007). Desarrollo de comparador interferométrico universal para la calibración de patrones materializados de longitud. Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007. http://oa.upm.es/1195/1/EMILIO_PRIETO_ESTEBAN.pdf
- J. Decker and J.Pekelsky, (1997) Gauge block calibration by optical interferometry at the National Research Council of Canada, INMS.
- J. Decker and J.Pekelsky, (1997) Uncertainty evaluation for the measurement of gauge blocks by optical interferometry. Metrologia, 1997, 34, 479-493.