

OBJETO.

El objeto del presente PROCESO DE CALIBRACIÓN es definir la pauta utilizada en el software CALIBRO para la calibración de patrones planoparalelos de vidrio, que se deriva de los procesos de calibración SCI D-041, de forma que permitan obtener resultados trazables y homogéneos.

CAMPO DE APLICACIÓN.

Se trata de discos de vidrio con sus bases pulidas para lograr dos patrones de planitud y además paralelas, de lo cual derivan su nombre de patrones planoparalelos. Suelen disponerse en juegos de 3 ó 4 elementos, en los que varía el espesor de acuerdo con una cierta progresión aritmética (figura 1).

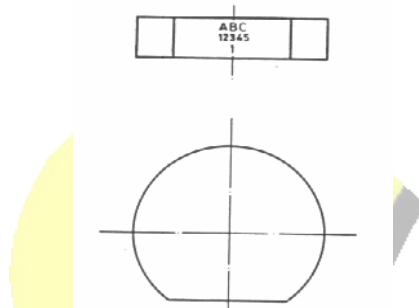


Figura 1. Patrón planoparalelo de vidrio

Es usual que los fabricantes aprovechen la superficie cilíndrica lateral de los patrones para grabar en ellos la marca, el número de serie y la identificación del patrón dentro del juego, que puede ser un número, una letra o el espesor nominal.

La razón de disponer varios patrones con diferentes espesores es que, una de las aplicaciones fundamentales de este tipo de patrones, es verificar el paralelismo entre los dos contactos de medida de los micrómetros de exteriores de dos contactos, uno de los cuales permanece fijo mientras que el otro se mueve girando sobre una rosca de alta precisión; si se divide el paso de dicha rosca (normalmente 0,5 a 1 mm), en 3 o 4 intervalos iguales, dando espesores a los discos patrón con el mismo paralelismo entre los dos contactos del micrómetro en 3 ó 4 posiciones del contacto móvil, a 120° ó 90°, respectivamente, del giro de la rosca.

Tanto la verificación de la planitud de cada contacto, como la del paralelismo entre ambos, se efectúa por observación visual del espectro de franjas de interferencia formado en cada posicionamiento, facilitándose dicha observación mediante una pantalla de luz monocromática.

Los PATRONES PLANOPARALELOS DE VIDRIO que considera el presente PROCESO DE CALIBRACIÓN, son los de espesores comprendidos en el intervalo 10 a 90 mm, adecuados a la calibración de micrómetros de exteriores de dos contactos, de campos de medida comprendidos en el intervalo 0 a 100 mm; los diámetros de los patrones suelen oscilar entre 25 y 60 mm, la planitud de cada una de las dos bases patrón entre 0,0001 y 0,0002 mm y el paralelismo de las bases entre 0,0002 y 0,0005 mm.

PROCESO DE CALIBRACIÓN

En los PATRONES PLANOPARALELOS DE VIDRIO, han de calibrarse dos parámetros fundamentales, la planitud de cada base y el paralelismo entre ambas, así como un tercer parámetro complementario, el espesor del disco patrón y un cuarto parámetro, complementario y opcional, el acabado superficial de ambas bases, todo ello de acuerdo con la metodología que a continuación se expone.

Calibración de la planitud de las bases

Se efectúa por observación del espectro interferométrico formado, sucesivamente, sobre cada una de las dos bases patrón de planitud, en un INTERFERÓMETRO de tipo general o en un INTERFERÓMETRO DE PLANITUD, específico a tal fin. Cuando el mesurando es plano, el espectro interferométrico para una cierta cuña de aire, queda formado por varias franjas de interferencia paralelas (figura 2), pero cuando el mesurando no es plano, las franjas de interferencia se curvan en formas muy variadas (figura 3).

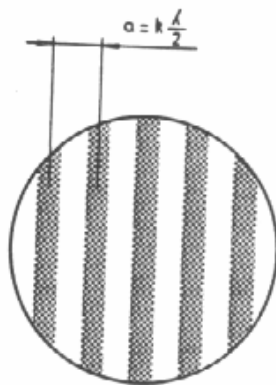


Figura 2. Espectro plano

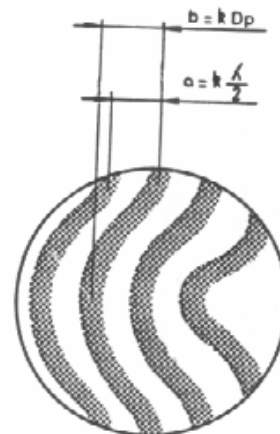


Figura 3. Espectro no plano

El defecto de planitud D_{pi} ($i = 1$ a 2) se deduce de la medida, con una escala del ocular del interferómetro, en cualquier unidad longitudinal, de las distancias a_i y b_i :

- a_i = distancia entre dos franjas consecutivas, en la zona en que menos deformación de espectro se aprecie, sobre la cara i ($i = 1$ a 2).
- b_i = distancia de máxima deformación de la franja más curvada, en dirección normal a la línea que une dos puntos extremos de la franja, sobre la cara i ($i = 1$ a 2)

Las distancias a_i y b_i así medidas son proporcionales, respectivamente, a la semilongitud de onda de la fuente de luz monocromática, de gas isotópico o de láser, empleada en el interferómetro y al defecto de planitud que se mide.

$$a_i = \kappa \frac{\lambda}{2}$$

$$b_i = \kappa D_{pi}$$

Para identificar cada una de las dos bases del patrón en las que ha de medirse la planitud, puede seguirse el criterio que se indica: se denomina cara 1 a la que se encuentra arriba cuando el disco se coloca con sus letras y números de identificación en la posición correcta para su lectura y cara 2 a la opuesta (figura 4).

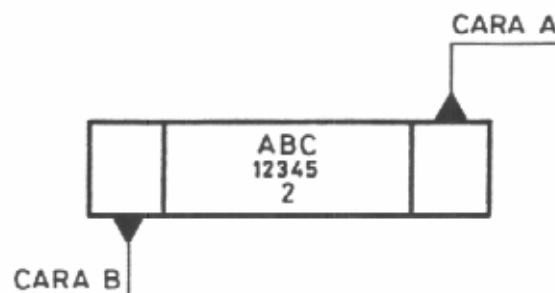


Figura 4. Criterio de identificación de las dos bases de un patrón planoparalelo.

Calibración del paralelismo entre bases.

Se efectúan medidas diferenciales del espesor del patrón, al menos en 5 puntos, simétricamente distribuidos sobre las bases, como son el centro y cuatro puntos más a 90 ° entre sí y a media distancia entre el centro y el borde (figura 5), con apreciación de 0,000 01 mm.

www.gesdocal.es

Suele emplearse a este respecto un comparador electrónico, doble diferencial y naturalmente, no se obtiene ningún valor absoluto del espesor del disco patrón, sino solamente valores relativos entre sí, a los que se denominará X_i ($i = 1$ a 5)

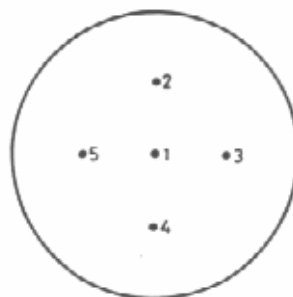


Figura 5. Disposición de los 5 puntos de medida del paralelismo en un patrón planoparalelo.

Puede ajustarse el comparador para que la indicación en el punto central sea cero ($X_1 = 0,000 00$ mm), pero no es necesario estrictamente. Lo que si es

siempre conveniente, es efectuar las 5 medidas en un intervalo de tiempo relativamente corto, del orden de 10 a 20 segundos, para evitar los errores propios de la deriva de los comparadores electrónicos a tan elevada amplificación.

En caso de desear hacer mayor número de mediciones, se aconseja repetir otra serie de 5 medidas similares, invirtiendo la posición del patrón en el comparador.

Calibración del espesor del disco patrón.

Se efectúa con una medidora de una coordenada horizontal, un micrómetro de exteriores de dos contactos o un comparador mecánico o electrónico, siendo lo más recomendable emplear el instrumento citado en primer lugar. En todo caso es suficiente con una división de escala $E \leq 0,0001$ mm.

En cada patrón se realizarán 2 medidas Y_i ($i = 1$ a 2), en su centro, en las dos posiciones posibles de colocación del mismo entre los palpadores del instrumento que, en el caso de la medidora y el micrómetro, serán palpadores de punta fina para definir mejor la posición del contacto.

Calibración del acabado superficial.

Por último, en caso de considerarse oportuno puede efectuarse una medida del acabado superficial de cada base patrón de planitud, evaluado mediante el parámetro de rugosidad media aritmética R_a , con filtro eléctrico de 0,8 mm y obtenido mediante un rugosímetro de palpador o un rugosímetro láser.

Como complemento, se aconseja obtener también un gráfico de cada acabado superficial, a la máxima amplificación vertical posible y a una amplificación horizontal comprendida entre 20 y 100 veces.

RESULTADOS

Planitud de las bases.

Para cada una de ellas, independientemente, se calcula el defecto de planitud D_{pi} , a parte de las medidas de las distancias a_i y b_i (apartado 3.1.), mediante la relación:

$$D_{pi} = \frac{b_i \lambda}{a_i^2} \quad (i = 1 \text{ a } 2)$$

Una práctica muy recomendable es obtener, mediante un equipo fotográfico, una foto o interferograma del espectro obtenido sobre cada base y en este caso, las distancias a_i y b_i pueden medirse directamente sobre las mismas, mediante una regla rígida de trazos. Las fotos o interferograma deben incluirse en el Certificado de Calibración de los patrones.

Paralelismo entre bases.

Se deduce de las 5 o 10 medidas diferenciales de espesor X_i , como diferencia entre los dos valores extremos de una misma serie de medidas:

- Si se ha realizado una serie de 5 medidas en una posición ($i = 1$ a 5):

$$D_{pi} = X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}$$
- Si se han realizado dos series de 5 medidas, una para cada posición ($i = 1$ a 5 en la primera serie e $i = 6$ a 10 en la segunda serie):

$$D_{p1} = [X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}] \quad i = 1 \text{ a } 5$$

$$D_{p2} = [X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}] \quad i = 6 \text{ a } 10$$

$$D_{pi} = \text{MAX} (D_{p1}, D_{p2})$$

en donde D_{pi} es el defecto de paralelismo entre las dos bases de planitud del patrón.

Espesor del disco.

Se toma como espesor del disco E , el valor medio de las 2 medidas Y_i

$$E = \frac{Y_1 + Y_2}{2}$$

Acabado superficial.

Cuando se obtenga este parámetro, sus resultados serán las dos indicaciones Ra_1 y Ra_2 medidas sobre las bases (apartado 3.4).

No se establecen criterios de aceptación o rechazo de resultados, para ninguno de los parámetros que se calibran en los PATRONES PLANOPARALELOS DE VIDRIO.

www.gedocal.es

INCERTIDUMBRES DE LOS RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN.**Planitud de las bases.**

La incertidumbre correspondiente al defecto de planitud de cada base D_{pi} , para un factor $k=3$, admitiendo una incertidumbre relativa similar para la medida de las distancias a y b , puede calcularse mediante la ecuación:

$$I_{D_{pi}}^2 = 9 D_{pi}^2 \left(\frac{2 u_{a_i}^2}{a_i^2} + \frac{u_{\lambda}^2}{\lambda^2} \right)$$

en donde U_{ai} y U son las incertidumbres, para $k=1$, de la medida de la distancia a_i (o b_i) y de la longitud de onda de la fuente monocromática empleada.

Normalmente, la incertidumbre relativa de la longitud de onda $U_{\lambda/\lambda} \approx 10^{-8}$, es mucho menor que la incertidumbre relativa de la medida de las distancias a_i o b_i $U_{a_i/a_i} \approx 10^{-1}$, por lo que la ecuación anterior puede simplificarse a la expresión:

$$I_{D_{pi}} = 4,2 \frac{D_{pi}}{a_i} u_{a_i} = 2,1 \frac{b_i \lambda}{a_i} u_{a_i}$$

Paralelismo entre bases.

La incertidumbre correspondiente al defecto de paralelismo entre las dos bases patrón, para un factor $k=3$, se deduce inmediatamente de la incertidumbre del instrumento empleado:

$$I_{pl} = 3u$$

en donde u es la incertidumbre, para un factor $k=1$ y $n=5$ medidas, del comparador electrónico empleado en la calibración.

Espesor del disco.

La incertidumbre correspondiente al espesor del disco, para un factor $k=3$, se deduce inmediatamente de la incertidumbre del instrumento empleado:

$$I_E = 3u$$

en donde u es la incertidumbre, para un factor $k=1$ y $n=2$ medidas, de la medidora de una coordenada horizontal, micrómetro o comparador empleado en la calibración.

www.gesdocal.es

Acabado superficial.

La incertidumbre correspondiente a las dos mediciones de la rugosidad de las bases del disco, para un factor $k=3$, se deduce inmediatamente de la incertidumbre del instrumento empleado:

$$I_{Ra1} = I_{Ra2} = 3u$$

en donde u es la incertidumbre, para un factor $k=1$ y $n=1$ medida, del rugosímetro empleado en la calibración.

CALIDADES.

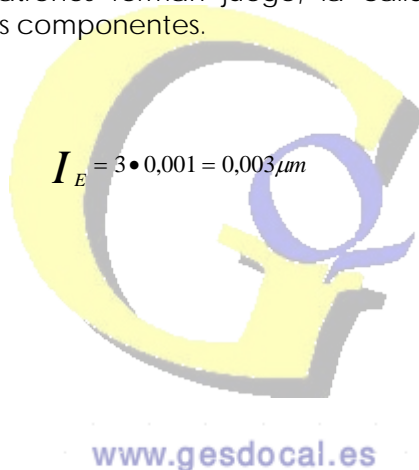
Para los PATRONES PLANOPARALELOS DE VIDRIO, se establecen dos calidades, con carácter experimental, en función de sus dos parámetros fundamentales, la planitud de sus bases D_p y el paralelismo entre ambas D_{p1} , estableciendo el defecto de planitud máximo admisible en cualquiera de las bases de un patrón $D_{p\text{máx}}$ y el defecto de paralelismo admisible entre ambas bases $D_{pl\text{máx}}$.

CALIDAD	$D_{p\text{máx}}$ (μm)	$D_{pl\text{máx}}$ (μm)
1	0,10	0,20
2	0,25	0,50

Tabla 1. Calidades de patrones planoparalelos de vidrio.

Para que un patrón se encuentre dentro de una calidad, ha de cumplir con las tolerancias correspondientes a los dos parámetros.

Cuando varios patrones forman juego, la calidad del juego será la peor correspondiente a sus componentes.



Procedimiento de calibración de patrones planoparalelos de vidrio is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/).

Based on a work at gesdocal.es.