

EMPLEO DE UN INDICADOR DE PUREZA DE UN HAZ PARA EL MÉTODO INDIRECTO EN NEUTROGRAFÍA

Ravello Y. ⁽¹⁾ yavello@ipen.gob.pe; Villagómez H. ⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física – IPEN / Lima, Perú

⁽²⁾ Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas – Universidad Nacional Federico Villarreal / Lima, Perú

Resumen

Se ha construido y evaluado un indicador de pureza de haz para el método indirecto de neutrografía.

La experiencia fue llevada a cabo en la facilidad de neutrografía del reactor RP-10 a 7 MW de potencia, siendo los resultados más saltantes los siguientes: 77 % de neutrones térmicos, 19 % de neutrones epitérmicos y 4 % de neutrones dispersados.

1. Introducción

A diferencia de la radiografía X convencional, la neutrografía usa un haz de neutrones en lugar de rayos X. Por lo tanto, las muestras a inspeccionar no serán las mismas. La neutrografía permite inspeccionar elementos livianos dentro o encapsulados en materiales pesados.

Sin embargo, ambas técnicas se complementan una a otra para ofrecer sus bondades en la industria.

La neutrografía presenta dos métodos:

- Método directo.
- Método indirecto.

En un reactor nuclear, los neutrones generados por el proceso de fisión son termalizados por un moderador, en nuestro caso agua liviana. Estos neutrones siempre están acompañados generalmente de radiación gamma, también proveniente del proceso de fisión.

Esta mismo tipo de compañía también se presenta en las fuentes isotópicas como el Am-Be, Ra-Be, etc.

En el método directo, la muestra y el sistema de registro (película y pantalla intensificadora ó convertidora) son irradiados simultáneamente y la radiación gamma sensibiliza la película afectando la calidad de la neutrografía.

En el método indirecto, muy por el contrario, la muestra es irradiada junto con el convertidor el cuál quedaría activado y llevará en la radiación que emite, información de la muestra.

Posteriormente, este convertidor transfiere la información de la muestra en una película por otro intervalo de tiempo. En este método, la radiación gamma queda totalmente ignorada y la información en la película fue generada únicamente por neutrones.

Indicador de Pureza de Haz (BPI)

El BPI, siglas provenientes del término en inglés Beam Purity Indicator, permite determinar el contenido de neutrones térmicos, dispersados y la radiación gamma presente en el haz. Este indicador está normado por la American Society of Testing Materials (ASTM) codificado como E-545.

La Figura 1 muestra el indicador usado en la experiencia. El soporte esta hecho de teflón mientras que como piezas adicionales incluyen pequeños discos de plomo, nitrato de boro y alambres de cadmio. Las dimensiones precisas de estas piezas se muestran en dicha figura.

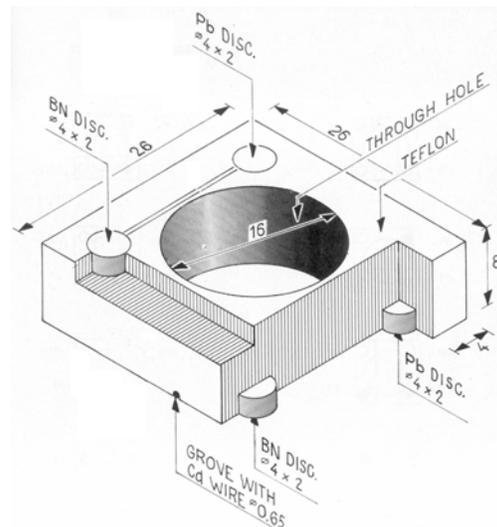


Figura 1. BPI según la norma ASTM E-545.

Indicador de Pureza de Haz para el método Indirecto (BPI-F)

A diferencia del BPI, en el BPI-F (Beam Purity Indicator – Fuel) el soporte es aluminio y reemplaza el disco de plomo con uno de cadmio, para registrar neutrones.

La Figura 2 muestra este indicador; nótese la gran similitud que hay en ambos indicadores, incluso con la cavidad central que existe en ellos.

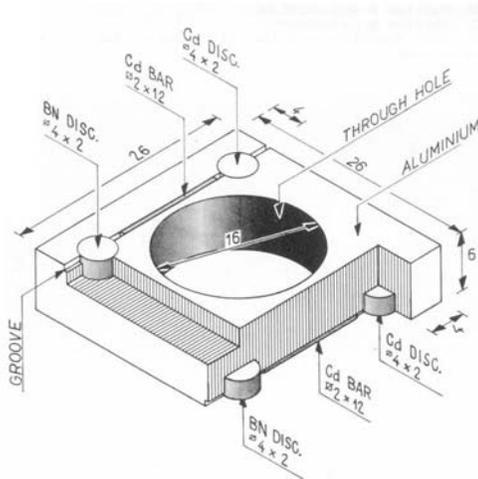


Figura 2. Indicador BPI-F según el Neutron Radiography Working Group, NRWG.

De las mediciones de la densidad de la película hechas bajo las diferentes partes del BPI-F, las siguientes expresiones son validas para la determinación del contenido de neutrones térmicos, epitérmicos y dispersados respectivamente

$$TN = \left(\frac{DB - DE}{DB} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$EN = \left(\frac{DE - DC}{DB} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$SN = \left(\frac{DC - DD}{DB} \right) \times 100 \quad (3)$$

donde DD es la densidad en el disco inferior de nitrato de boro; DB es la densidad de fondo de la película en el centro de la cavidad; DC es la densidad en el disco superior de nitrato de boro; DE es la densidad en el disco superior de cadmio; DF es la densidad en el disco inferior de cadmio.

2. Proceso Experimental

- Se irradió el convertidor de Disprosidio de 14 cm x 10 cm x 0.025 cm por 1.5 h en la facilidad de neutrografía a 7 MW. Después de 15 minutos de la irradiación, se colocaron películas fotográficas para transferir información en ellas a diferentes tiempos de contacto.
- La información recogida por un densitómetro, viene dada por la densidad óptica y su respuesta con los tiempos de transferencia se ilustra en la Figura 3.
- Uso del BPI-F. Una vez que el convertidor de Dysprosidio haya decaído totalmente, unos 3 días después de haber sido usado anteriormente, se irradió junto con el BPI-F por 1.5 h también a 7 MW de potencia.

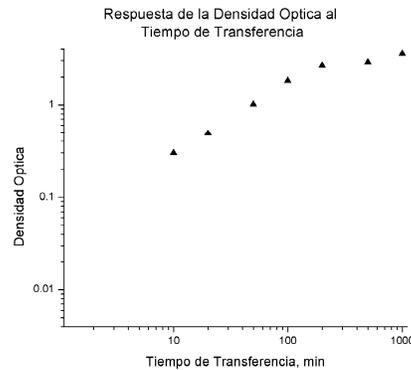


Figura 3. Respuesta de la película D3-SC AGFA frente al tiempo de transferencia en el método indirecto.

De la Figura 3 se obtuvo que un tiempo óptimo para hacer la transferencia de la imagen del BPI-F en la película fue de 1 h. Cabe mencionar que esta transferencia también se llevo a cabo 15 min después de terminar la irradiación del convertidor.

- Después del revelado respectivo y haciendo uso del densitómetro se encuentran las densidades que caracterizan las expresiones (1), (2) y (3).

3. Resultados

- Haciendo uso del BPI-F y de acuerdo a las expresiones (1),(2) y (3) se encuentra que el porcentaje de neutrones térmicos alcanza los 77.07 %, los neutrones epitérmicos el 18.67 % y los neutrones dispersados el 4.24 %.
- Por otro lado, haciendo uso del indicador BPI fue posible encontrar que el porcentaje

de neutrones térmicos fue 77.6 %, de neutrones dispersados fue de 3.9 %, de radiación gamma fue de 12.5 % y de producción de pares fue de 6.1 %.

4. Conclusiones

- Como puede apreciarse en los resultados, tanto los indicadores BPI como el BPI-F evalúan casi la misma cantidad de neutrones térmicos y dispersados en el haz.
- El cambio de configuración del núcleo de un reactor nuclear es la razón por la cual esta experiencia debe tener una determinada frecuencia; para ver los efectos de estos cambios, es menester estimar la cantidad de radiación que hay en un determinado conducto de irradiación.
- Queda claro que la desviación de estos resultados frente a los obtenidos con un dispositivo normado tiene sus causas en el proceso de construcción de este indicador.

5. Referencias

- [1] J.C. Domanus, Practical Neutron Radiography, Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [2] H. Berger, Practical Applications of Neutron Radiography and Gaging, ASTM Special Technical Publication 586, 1976.
- [3] P. Von der Hardt, Neutron Radiography Handbook, D. Reidel Publishing Company, 1981