

CARACTERIZACIÓN EN ENERGÍA DE UN HAZ DE NEUTRONES TÉRMICOS POR DIFRACCIÓN

Munive M. ⁽¹⁾ mmunive@ipen.gob.pe; Ravello Y. ⁽²⁾ yravello@ipen.gob.pe

(1) Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería / Lima, Perú

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

Resumen

Se ha obtenido el espectro en energía de uno de los haces de neutrones del reactor nuclear del Perú RP-10, por difracción en un cristal de cobre orientado en los planos (200). El espectro obtenido se ajusta bien a la distribución de Maxwell en la región térmica.

1. Introducción

El reactor nuclear del Perú RP-10 cuenta entre sus múltiples sistemas de irradiación con haces de neutrones, los cuales serán destinados para la implementación de sistemas de análisis para la caracterización de materiales. Actualmente se ha implementado la técnica de radiografía con neutrones, técnica de ensayo no destructivo para la inspección de defectos en materiales ligeros, y el siguiente paso es la instalación de un difractómetro de neutrones para el análisis de muestras en polvo.

Como primera etapa de dicha instalación se tiene el acondicionamiento y la caracterización del haz de neutrones a utilizar. Se optó por emplear el método de difracción de neutrones para obtener el espectro en energía (apoyada con el de cálculo de temperatura neutrónica) [1], con el fin de ir ganando experiencia en lo que respecta al colimado, y toma de datos.

2. Implementación de la técnica

Blindaje y Colimación del Haz

Los conductos de irradiación No. 2 y 4 del RP-10 son los que han sido empleados para su caracterización por el método de difracción. El flujo de neutrones en el conducto No. 2 es de $1.2 \times 10^8 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a 8.5 MW y en el conducto No. 4, de $6.5 \times 10^6 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a 7 MW. En ambos conductos se instalaron blindajes adecuados que cumplan los requisitos exigidos por las normas de radioprotección existentes.

El colimado del haz incidente al cristal, se realiza empleando discos de plomo y parafina, cubiertos con polietileno borado. Para la alineación se usa un teodolito. El soporte del cristal es de aluminio y esta instalada en una mesa giratoria graduada.

Método de Difracción

La caracterización del haz de neutrones, se obtuvo por el método del cristal rotante. El intervalo de giro del cristal fue de 8° a 55° (theta, ángulo de incidencia), esto debido a las limitaciones impuestas por el blindaje empleado.

Una de las caras del cristal monocromador de cobre, presenta un plano cristalino preferencial (200) de 7 cm x 3 cm de superficie.

Intensidad de Haz Difractado

Los neutrones que cumplan con la ley de Bragg serán dispersados en un ángulo 2θ por el cristal. Según esta ley, la dependencia de la longitud de onda difractada con respecto al ángulo es $\lambda_0 = 2 \cdot d_{hkl} \sin \theta$, donde d_{hkl} es la separación de los planos del cristal que producen la difracción. La intensidad del haz difractado que satisface la ley de Bragg depende del cuadrado del factor de estructura y del volumen (masa) del cristal [2,3]. En la Figura 1 podemos apreciar el pico del haz difractado por el cristal de cobre.

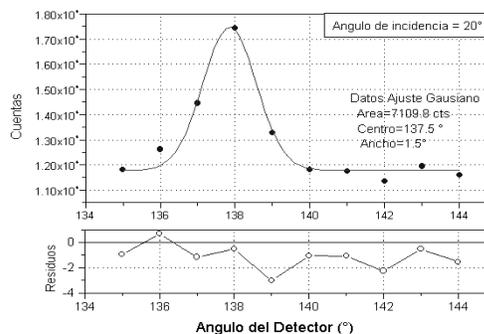


Figura 1. Intensidad de haz dispersado registrado por un detector de neutrones BF_3 conducto de irradiación No. 2 (ángulo de incidencia 20°).

Si asociamos las intensidades del haz dispersado con la longitud de onda de los neutrones de dicha difracción se logrará una distribución en longitud de onda de él haz de neutrones [4], la cual es la meta de dicha experiencia (Figura 2).

Las condiciones experimentales, así como los resultados del proceso de caracterización, se resumen en la Tabla 1, en esta se detalla el rango energético del haz tratado y la energía mas representativa del mismo.

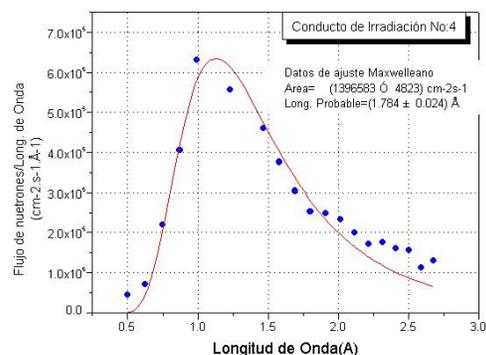


Figura 2. Distribución en longitud de onda del haz de neutrones emergente del conducto de irradiación No. 4.

Tabla 1. Condiciones y resultados de la experiencias en los conductos de irradiación No. 2 y No 4.

Conducto de Irradiación	No. 2	No. 4
Flujo de Neutrones Máximo	$1.2 \times 10^8 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	$6.5 \times 10^6 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
Monocromador	Cobre (200)	Cobre (200)
Dimensiones del monocromador	7 cm x 3 cm x 0.7 cm	7 cm x 3 cm x 0.7 cm
Detector	Trifloruro de boro	Trifloruro de boro
Rango angular 2*theta	16° - 110°	13° - 98°
Tipo de distribución asociada a los datos experimentales	Maxwelleana	Maxwelleana
Rango de la distribución energética del haz de neutrones	9.4 meV-- 94 meV	11.4 meV-- 324.1 meV
Energía máxima del haz de neutrones por la distribución establecida	67.6 meV	64.0 meV

3. Conclusiones

- El espectro en longitud de onda obtenido para cada conducto de irradiación es propio del rango energético térmico, esto debido a que la difracción de neutrones solo se logra con neutrones térmicos, de que el ajuste de datos Maxwelliana.
- Se logró obtener un espectro energético y valores de energía máxima en un haz de neutrones emergentes de los conductos de irradiación del reactor nuclear RP-10. Tabla 1.
- La experiencia ganada en este ensayo nos servirá en la próxima instalación del difractómetro de neutrones en la sala experimental del reactor RP-10 del Perú.

4. Referencias

- [1] Beckurts, K., Neutron Physics, Springer-Verlag, New York 1964.
- [2] Bacon, G.E. Neutron Diffraction, 2da edición Oxford at the Clarendon Press 1962.
- [3] Delapalme A., Introduction To Elastic Neutron Diffraction, Peruvian Winter School, 1983.
- [4] Parente C R., Difracao Múltipla de Néutrons em Cristal de Alumínio, Instituto de Física Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo 1972.