

Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	AÑO
1	1982

04.82.51

729

**SIMULACION CON EL CODIGO BACO DE LA BARRA N°5 DE LA EXPERIENCIA MOL 8C.**

**FORLERER, E.\*, COROLI, G.\*\*, HARRIAGUE, S.\*, SAVINO, E.\*, ELBEL, H.\*\*\***

\* Depto. Materiales (CNEA)

\*\* Depto. Combustibles (CNEA)

\*\*\* Gesellschaft für Kernforschung mbH. KARLSRUHE, RFA

La inquietud inicial que guió este trabajo fue obtener temperaturas de la pastilla combustible en función del radio de la misma para un combustible mixto de un reactor rápido. También hemos podido ajustar el código BACO (1) a datos experimentales y probado la sensibilidad del mismo ante la variación de modelos en función de su ajuste a la experiencia.

Para verificar la justeza de la simulación se disponía de ensayos post-irradiación de la experiencia MOL 8C barra 5. Esta forma parte de una serie realizada por el gobierno alemán en el reactor BR2 (Bélgica). En particular en la experiencia 8C se irradiaron 10 barras con el objeto de estudiar la influencia de algunos parámetros como ser densidad, gap pastilla-vaína y limitación axial de la columna combustible.

Entre otros ensayos post-irradiación se midieron los radios de agujero central, zona columnar, zona equiaxiada y zona lateralizada (foto 1). Las temperaturas de transformación para la zona equiaxiada es de 1300°C y 1700°C para la zona columnar.

Los radios que calcula el código BACO para esas temperaturas son los usados para comparar la barra diseñada en el KFK (3).

La barra fue irradiada dentro de una cápsula FAFNIR refrigerada por NaK, provista de un blindaje de Cadmio que eliminaba el rango térmico del espectro neutrónico del reactor, por lo que la irradiación se efectuó bajo un flujo epitérmico (tabla 1).

Durante la experiencia se midió temperatura superficial de la vaína en ocho puntos diferentes y la presión de gases de fisión al comienzo y fin de cada ciclo (tabla 2).

Se utilizó un único ciclo de irradiación con una duración igual al período total de plena potencia y con una potencia lineal tal que asegurara igual quemado final que el que realmente tuvo el combustible.

El código BACO simula el comportamiento termomecánico de la barra combustible. La versión utilizada describe una sección de la barra combustible en la aproximación de simetría axial y deformaciones planas finitas.

A los fines del cálculo se dividen pastilla y vaina en anillos circulares integrándose las ecuaciones de comportamiento por el método de diferencias finitas centradas.

La temperatura en los distintos anillos es calculada por integración de la ecuación de Fourier, conocida la temperatura de la superficie exterior de la vaina y la potencia térmica extraída por el refrigerante. Este cálculo de temperaturas se halla acoplado con el cálculo del estado tensión deformación. La integración en el tiempo se divide en intervalos  $\Delta t$  tal que conocido el estado tensión deformación a  $t_0$ , se calcula el incremento a fin de conocer el estado tensión deformación en  $t_0 + \Delta t$ .

Para las leyes de propiedades mecánicas de vaina y pastilla se usaron datos de la comparación de los códigos FRUMP y SATURN del MATPRO, GEAP y EPRI (4), (5).

Para el swelling de pastilla se usó también un modelo empírico basado en mediciones efectuadas en Batelle, Columbus Laboratories.

En la tabla 3 se muestran los resultados experimentales y los calculados. De ella se infiere que el código produce un agujero central acorde con los valores experimentales independientemente de los modelos utilizados.

Los casos 1 y 2 presentan diámetros exteriores excedidos debido a un exceso de swelling-comparar con caso 3-no compensados por redensificación y hot pressing que no son calculados por el código.

Los casos 1 y 2 generan también altas tensiones de contacto pastilla-vaina. El caso 4 corresponde a un óxido con  $52\text{PuO}_2$ . Como se ve, los casos 3 y 4 ajustan los datos experimentales y generan bajas tensiones de contacto.

De los resultados arriba expuestos se concluye:

- a) El código BACO predice satisfactoriamente el perfil de temperaturas que se deduce de las ceramografías post-irradiación de la experiencia descripta.
- b) Así también las variaciones topológicas tales como la generación y diámetro final del agujero central coinciden con la observación experimental.
- c) La convergencia del código BACO en este cálculo para un elemento combustible con características tan disímiles de los combustibles en reactores térmicos para los cuales fue originalmente desarrollado, muestra la versatilidad del mismo y la autoconsistencia del sistema de ecuaciones.

#### AGRADECIMIENTOS:

Se agradece especialmente al Dr. E. ZUZEK por haber sugerido el tema y su constante apoyo y consulta durante la realización de este trabajo.-

R E F E R E N C I A S

- 1) Nuclear Engineering and Design 56-1980: HARRIAGUE, S. et al.
- 2) Donald Olander "Fundamental Aspects of Nuclear Reactor Fuel Elements" pag.133. Energy Res.Dev.Administration.
- 3) KFK 2221-KFK 2306-KFK 2355
- 4) KFK-EXT 6/76-4
- 5) MATPRO: Materials Properties-Energy Res.and Develop Administration  
EPRI: Electric Power Research Institute  
LOSKIEWICZ R.D., NELDE G.F. (GEAP-13733).

## ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LA BARRA

Material Combustible	UO <sub>2</sub> + Pu O <sub>2</sub>
Contenido de PuO <sub>2</sub>	20 % en peso
Contenido de <sup>235</sup> U en el UO <sub>2</sub>	93 % en peso
Relación O/M	2.0 ± 0.03
Densidad de la pastilla	87.6 ± 2 % dens. teor.
Densidad teorica	11.07 g/cm <sup>3</sup>
Long. de la pastilla	0.65 cm
Diametro de la pastilla	(0.51 ± 0.003) cm
Material de la vaina	acero inox. W. 14988
Diametro int. de la vaina	(0.524 ± 0.003) cm
Diametro ext. de la vaina	(0.600 ± 0.003) cm
Gap pastilla-vaina	70 μm
Long. de columna	52 cm
Material del Blanket	UO <sub>2</sub> natural con 95% T.D.
Forma de las pastillas	sin dish. sin aguj. central
Tamaño de grano	15 μm
Volumen plen.+ sist. medición	8.95 cm <sup>3</sup>
Refrigerante	Na K liquido

TABLA 1

CARACTERISTICAS DE LA IRRADIACION

FLUJO

CARACTERISTICAS DE LA IRRADIACION

Flujo rápido promedio	$3.41 \times 10^{14}$	$\frac{\text{neutrones}}{\text{cm}^2 \cdot \text{seg}}$
Quemado acumulado	98300	MW-D/Ton. Me.
Nº de ciclos	22	
Tiempo a plena potencia	427.8	Días
Temperatura exterior de vaina (Promedio)	816	°K (543°C)
Temperatura del plenum	473	°K
Presión refrigerante	0.0927	MPa.
Presión de gases de llenado	3.7	atm (20°C)
Composicion de los gases de llenado	90%	He-10% Ar
Potencia lineal promedio	44.908	W/cm

	AGUJERO CENTRAL (cm)	ZONA COLUMNAR (cm)	ZONA EQUIAXIADA (cm)	ZONA INALTERADA (cm)	EXTERIOR VAINA (cm)
K.F.K. 2221	0.07-0.09	0.18 - 0.20	0.23 - 0.24	0.255-0.262	0.300-0.304
CREEP VAINA ELBEL SWELLING PASTILLA ELBEL C0501	0.077	0.2017	0.2417	0.2819	0.3184
CREEP VAINA CERO SWELLING PASTILLA ELBEL C0502	0.077	0.2016	0.2416	0.2818	0.3184
CREEP VAINA CERO SWELLING PASTILLA CERO C0503	0.070	0.1704	0.2147	0.2609	0.30282
CREEP VAINA CERO SWELLING PASTILLA EPRI C0504	0.071	0.1827	0.2269	0.263	0.3028

RADIOS MEDIDOS Y RADIOS CALCULADOS

TABLA 3