

ACOPLE DE UN MODULO DE QUEMADO AL SISTEMA AMPX

FOR

M. SALVATORE, S.E. GOMEZ, N.E. PATINO, M.J. ABBATE
y M.M. SBAFFONI

División Neutrones y Reactores
Instituto Balseiro - Centro Atómico Bariloche
Comisión Nacional de Energía Atómica
República Argentina

Trabajo a ser presentado a la XVIII Reunión Anual de
la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear, 22-26
octubre de 1990 en Buenos Aires, Argentina.

ACOPLE DE UN MÓDULO DE QUEMADO AL SISTEMA AMPX
M. SALVATORE, S. E. CÓMEZ, H. E. PATINO, M. J. ABDATE,
M. M. SBAFFONI
DIVISIÓN NEUTRONES Y REACTORES
INSTITUTO BALSEIRO - CENTRO ATÓMICO BARILOCHE

INTRODUCCION

Una de las herramientas usadas para el estudio de reactores de alta conversión (HCR) en la División Neutrones y Reactores del CAB es el sistema AMPX-IIA empleando datos nucleares básicos de la biblioteca evaluada ENDF/B-IV. Sin embargo el sistema AMPX no cuenta con un módulo de quemado, necesario para completar el diseño de un reactor, ya sea a nivel de μ -celda, elemento combustible o núcleo. El desarrollo e implementación de un módulo de quemado que permita completar la secuencia de cálculo neutrónico a nivel de μ -celda acoplado al sistema AMPX, se llevó a cabo como Trabajo Especial de la carrera de Ingeniería Nuclear del Instituto Balseiro.

Como punto de partida para la validación de BUM (BUM: Burn-Up Module) se empleó un problema representativo de los HCR, como lo es el benchmark de cálculo de μ -celda de HCR surgido de la 29ª reunión del Nuclear Energy Agency Committee on Reactor Physics (NEACPR).

DESCRIPCION DEL BUM

El módulo BUM está programado en FORTRAN 77 estándar e implementado en VAX 11-780. En su programación se ha empleado la técnica de dimensionamiento variable y se ha estructurado en subrutinas de extensión moderada, donde la función de cada una es específica.

El módulo cuenta con la opción de corregir el espectro por fugas, dado que al plantear una celda típica es prácticamente imposible que los parámetros de la misma hagan que esté crítica, y sin embargo el combustible inserto en el reactor sí lo está. La corrección por fugas implementada corrige los flujos por el método B1.

Las cadenas de quemado se generan teniendo en cuenta que a un isótopo (Z, A) se llega por captura neutrónica en $(Z, A-1)$, decaimiento β^- de $(Z-1, A)$ y por fisión, y se sale de él por captura neutrónica o decaimiento del mismo. Actualmente están implementadas las cadenas de quemado de WIMS, con 32 productos de fisión tratados explícitamente y un pseudo producto de fisión, en el que se agrupan isótopos que tienen una vida media larga (que no saturan) que no han sido tratados explícitamente pero que no superan el 1% de las absorciones totales. La sección eficaz que representa a dicho elemento (σ_p) se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma_p = \frac{\sum y_i \cdot \sigma_i}{\sum y_i} \quad \sigma_i: \text{X.S. isótopo } i$$

y_i : yield de producción i por fisión

El módulo cuenta además con un conjunto de datos

nucleares consistentes y completos para las energías liberadas por fisión y para los yields de fisión, y esto último hace consistente la definición del pseudo producto de fisión con el resto de la cadena de quemado.

CADENA DE CALCULO

El módulo de quemado BUM acoplado al AMPX permite realizar quemado a nivel de μ -celda partiendo de la biblioteca de datos básicos ENDF/B-IV (Figura 1). El sistema permite obtener, utilizando un espectro de peso, una biblioteca maestra eligiendo la estructura de grupos adecuada y a la temperatura particular de los distintos isótopos (XLACS). El tratamiento resonante de los isótopos puede realizarse usando el método de Nordheim, de resonancia angosta o de resonancia ancha (NITAWL), obteniéndose de este modo una biblioteca de trabajo que contiene constantes de grupos en la estructura que se considera más adecuada para cada problema en particular.

Con el módulo XSDRNPM se efectúa el cálculo neutrónico de la μ -celda resolviendo la ecuación de transporte 1-D por el método de las ordenadas discretas (Sn, P1). Con la biblioteca de trabajo y los flujos calculados por XSDRNPM para la μ -celda se realiza el cálculo de quemado propiamente dicho. Para ello se requiere definir los niveles de quemado en los que se reevalúan las composiciones y el nivel de potencia al que se efectúa el quemado. La secuencia prosigue con los siguientes pasos, realizados internamente por BUM:

a) Homogeneización del flujo por región o la opción de evaluar el espectro afectado por fugas, obteniéndose en este caso el flujo del sistema crítico.

b) Escaleo a potencia.

c) Cálculo de los ritmos de reacción del sistema.

d) Resolución de las ecuaciones de quemado.

Al finalizar cada paso de quemado se obtienen las nuevas densidades numéricas de los distintos isótopos para el nivel de quemado en cuestión. Con ellas se puede:

1) Realizar un nuevo tratamiento resonante de los isótopos, si ello fuera necesario, ó

2) Recalcular los flujos para el nuevo nivel de quemado, ó

3) Ejecutar otro cálculo de quemado con BUM, obteniéndose densidades numéricas para otro nivel de quemado.

Esta secuencia se repite hasta alcanzar el nivel de quemado deseado (Figura 1).

DESCRIPCION DEL BENCHMARK DE NEACPR

En el benchmark se propone el cálculo de dos μ -celdas infinitas (buckling geométrico igual a cero) con relación de volumen de moderador a combustible (V_m/V_f) de 0.6 y 1.1 con un enriquecimiento en plutonio físil de 8% y 7%

respectivamente, y especifica que no deben realizarse correcciones por fugas del espectro. Se dan resultados -obtenidos con distintos métodos de cálculo (probabilidad de colisión, S_n y Monte Carlo), distintas bibliotecas (ENDF/B-IV y V, JEF-1, JENDL-2, WIMS y KEDAK), distintos métodos de tratamiento resonante para los isótopos, y cadena de quemado diferentes- para K_{∞} y rate de conversión (CR) a 0, 10, 20, 30, 40 y 50 Gwd/t, secciones eficaces, densidades numéricas y ritmos de reacción para 30 y 50 Gwd/t, todo a 0, 45, 90 y 99% de vacío del moderador.

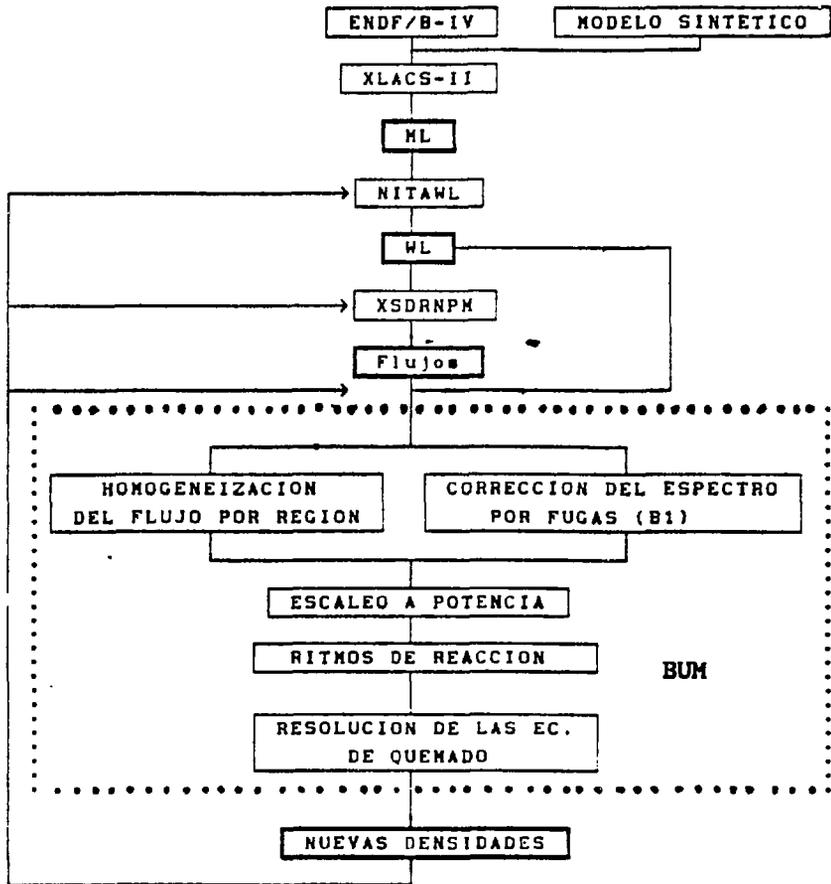


FIGURA 1: Esquema del cálculo de quemado acoplado al sistema AMPX.

CALCULOS

Los cálculos de quemado se realizaron para las dos celdas a 0% de vacío del moderador, utilizando una biblioteca a 65 grupos (todos límites coincidentes con WIMS), autoblindando las secciones eficaces por el método de

Nordheim y usando las cadenas de quemado WIMS. No se realizaron correcciones del espectro por fugas de acuerdo a las especificaciones del benchmark. Entre 0 y 50 GWd/t se efectuaron 20 pasos de quemado (con ancho creciente de los pasos de quemado a medida que se avanza en el nivel de quemado) con reevaluaciones de flujos en cada nivel de quemado.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Las densidades numéricas obtenidas con el módulo BUM se muestran en la Tabla I. Si se las compara con las dadas en el benchmark se puede observar que aquellas se encuentran dentro de la dispersión de los valores dados -con excepción de los plutonios 240 y 241 que presentan las mayores dispersiones- lo que indica que BUM predice satisfactoriamente la evolución de las densidades numéricas. En las Figuras 2 y 3 se muestran los resultados obtenidos para el K_{∞} y el CR en función del quemado para V_m/V_f igual a 0.6 y 1.1. En estas figuras puede observarse que el K_{∞} se encuentra siempre por debajo de los valores dados en el benchmark y el CR siempre por encima.

Se hicieron comparaciones de ritmos de reacción calculados con distintos códigos a partir de la ENDF/B-IV, que muestran respecto al valor medio (de los resultados del benchmark) o a un cálculo Monte Carlo dispersiones similares a las obtenidas con BUM. Los ritmos de conversión de este trabajo son sobreestimados debido a que las desviaciones en los ritmos de reacción de todos los isótopos contribuyen en un mismo sentido, mientras que en los otros casos analizados se compensan errores. Este mismo efecto se presenta en menor medida en el K_{∞} debido a que los errores entre los ritmos de absorción y producción se cancelan. Parte de estas dispersiones en los parámetros se debe a la mala evaluación de alguno isótopos en la ENDF/B-IV, en particular el U-238. La contribución de la biblioteca a la sobreestimación del ritmo de conversión se puede estimar que es de un 40%.

REFERENCIAS:

- AMPX-BUM
- - - BENCHMARK

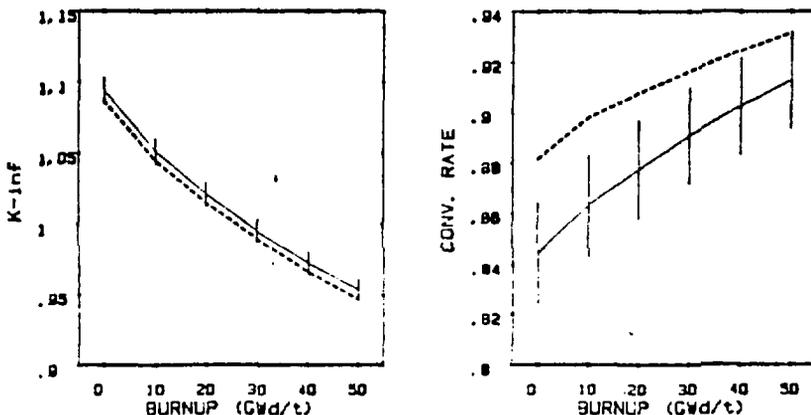


FIGURA 2: Dependencia del K_{∞} y el ritmo de conversión

Isotopo	Vm/Vf	30Gwd/t		50Gwd/t	
		χ (Dis.X)	Dif.X	χ (Dis.X)	Dif.X
U-5(x1E-6)	0.8	4.050(0.9)	-0.3	3.051(1.8)	-0.8
	1.1	4.188(0.8)	0.1	3.184(1.0)	0.1
U-8(x1E-2)	0.8	1.860(0.1)	-0.1	1.816(0.2)	-0.1
	1.1	2.005(0.1)	0.0	1.987(0.1)	-0.1
Pu-9(x1E-3)	0.8	1.430(1.0)	1.3	1.384(1.5)	1.8
	1.1	1.118(1.1)	1.1	0.9918(1.9)	2.0
Pu-0(x1E-4)	0.8	8.993(1.0)	-1.5	7.043(1.7)	-2.5
	1.1	8.801(1.9)	-2.7	8.589(2.9)	-4.8
Pu-1(x1E-4)	0.8	2.808(2.2)	2.4	2.800(3.0)	2.9
	1.1	2.852(2.7)	4.2	2.881(7.2)	8.6

TABLA I: Densidades numericas para 30 y 50 Gwd/t para Vm/Vf 0.8 y 1.1. χ (Dis.X): valor medio y dispersion % de datos dados en el benchmark. Dif.X: diferencia entre el valor obtenido con AMPX-BUM y χ .

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen la colaboración de los Ingenieros Viviana Ishida y Pablo Florido por sus valiosos aportes.

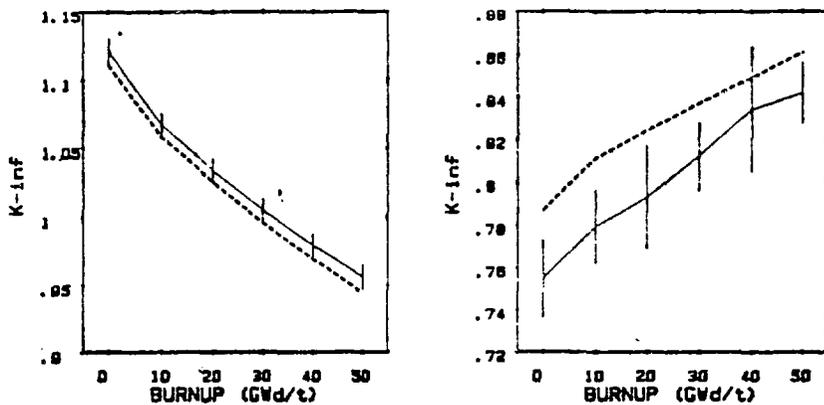


FIGURA 3: Dependencia del K_{∞} y el ritmo de conversión con el quemado para $V_m/V_f=1.1$