

EL REACTOR RA-3 CON ELEMENTOS COMBUSTIBLES DE SILICIUROS DE URANIO

Abbate M.J.(*) y Scaffoni M.M.
Gerencia de Tecnología y U.A. Combustibles Nucleares – CAC - CNEA
(*CITEFA)

RESUMEN:

Continuando con los estudios sobre elementos combustibles en base a silicuros de uranio, el presente trabajo presenta algunas características comparativas referentes al uso de elementos combustibles normales ECN [de U3O8] y tipo P-06 [de U3Si2] en el RA-3.

En primer lugar, el quemado medio del Núcleo 53 resultó con un razonable acuerdo con lo informado por el RA-3 lo cual da un primer grado de confianza.

Respecto del núcleo cargado con ECN, el de P-06 frescos presentan las siguientes ventajas:

- quemado medio: superior en un 18 %;
- el de extracción sería un 20 % mayor; y,
- el tiempo de residencia [en dpp, al quemado medio] aumenta un 37,4 %.

Todo lo cual es una figura de mérito de este nuevo combustibles.

También, se generaron bibliotecas agrupadas y homogeneizadas para CITVAP a ser utilizado para la planificación de los experimentos y otros estudios en 2 dimensiones y se efectuaron cálculos preliminares.

=====

RA-3 CORE WITH URANIUM SILICIDE FUEL ELEMENTS

ABSTRACT

Following on with studies on uranium silicide fuel elements, this paper reports some comparisons between the use of standard ECN [U3O8] fuel elements and type P-06 [from U3Si2] fuel elements in the RA-3 core..

The first results showed that the calculated overall mean burn up is in agreement with that reported for the facility, which gives more confidence to the successive ones.

Comparing the mentioned cores, the silicide one presents several advantages such as:

- a mean burn up increase of 18 %
- an extraction burn up increase of 20 %
- 37.4 % increase in full power days, for mean burn up.

All this is meritorious for this fuel.

Moreover, grouped and homogenized libraries were prepared for CITVAP code that will be used for planning experiments and other bidimensional studies. Preliminary calculations were also performed.

=====

1.INTRODUCCION:

En la Unidad de Actividad Combustibles Nucleares se está ejecutando un proyecto de investigación y desarrollo, denominado Proyecto SILICIUROS /1/ que persigue continuar con el desarrollo de combustibles nucleares para reactores de investigación de bajo enriquecimiento (20%) y alta densidad, en base a siliciuros de uranio.

Como objetivo máximo está prevista la habilitación de la CNEA como proveedor internacional del mismo.

En la denominada 4. Etapa del mencionado proyecto se incluyeron las previsiones para un eventual cambio de combustible del reactor RA-3 o similares.

El presente trabajo contiene estimaciones sobre características comparativas de núcleos, de dicho reactor, compuestos por: elementos combustibles normales, ECN [U3O8] y con P-06 [U3Si2] para determinar las ventajas que representaría este cambio de combustible. También, incluye la preparación de bibliotecas para posteriores cálculos con CITVAP.

2.ELEMENTOS DE CÁLCULO:

Los cálculos se realizaron utilizando, como biblioteca básica, la denominada WIMSNEW.BIB /2/, derivada de la LWRWIMS, con energías liberadas por fisión corregidas.

En cuanto a programas de cálculo se utilizaron:

-WIMS: para cálculo de celdas y modelado de reactor mediante corrección por buckling total.

-Pos-WIMS: para condensación y homogeneización de las secciones eficaces macroscópicas generadas por el anterior.

-HXS: para crear las bibliotecas, para cálculo de reactor con CITVAP, a partir de las anteriores.

-CITVAP: para cálculo de reactor, especialmente en casos heterogéneos.

Todos ellos pertenecientes al sistema MTR_PC26 /3/.

3.DATOS GENERALES:

Los datos generales para los cálculos son los recomendados.

En particular, para el elemento combustible normal provienen de uno típico (A077) de los que se utilizan en el RA-3 /4/.

Para el siliciuro, de las especificaciones del prototipo P-06 /5/ que ya se está irradiando en el RA-3. Tiene 19 placas de iguales dimensiones exteriores que los normales.

4.CÁLCULOS Y RESULTADOS:

a.-Reactor fresco modelado con WIMS: se calculó el núcleo con combustible normal fresco, media placa y con el buckling real. Con ello, se obtuvo la función: factor de multiplicación (k) versus el quemado (Q), la misma fue analizada con el utilitario ORIGIN para obtener el quemado medio [Qm], con un k de trabajo igual a 1, resultando:

$Q_m = 51.800 \text{ MWd/Ton}$ ó 24.3 % . Son: 414 días a plena potencia

Mediante igualación de áreas; el de extracción:

$Q_{ex} = 94.600 \text{ MWd/Ton}$ Son: 757 dpp

En forma similar a lo anterior, se calculó el núcleo con P-06 fresco, resultando:

$Q_m = 61.000 \text{ MWd/Ton}$ ó 30,48 % . Son: 569 dpp.

$Q_{ex} = 113.000 \text{ MWd/Ton}$ Son: 1017 dpp

Por otro lado, implica un aumento de reactividad de unos 1700 pcm que deberán ser compensados de algún modo.

b. Concentraciones para el reactor en equilibrio:

Como otro resultado, se tienen las concentraciones de los componentes del ECN al quemado de equilibrio [48.000 MWd/Ton o 28,7 %] y para el P-06 al quemado medio.

También fue calculado el núcleo en equilibrio con EC, resultando:

$K\text{-infinito} = 1.65272$; y, $K\text{-efectivo} = 1.09805$

c. Tablas de secciones eficaces homogeneizadas y bibliotecas para CITVAP:

A partir de repetir los cálculos para medio infinito y procesar los resultados con los auxiliares POS-WIMS y HXS, se generó la biblioteca RA3CN.BIB a 5 grupos de energía y conteniendo las tablas homogeneizadas para: ECN (con quemado de equilibrio), agua y grafito, colocado en una 4 zona de la placa.

En forma similar se calculó para P-06, los resultados se agregaron a la biblioteca anterior que quedó conteniendo, además de las tablas anteriores, la del P-06 quemado, o sea, para calcular el reactor en equilibrio ya sea con ECN o con siliciuros. Se la denominó RA3CN1.BIB.

Posteriormente se calculó con P-06 fresco, pero para medio infinito. Esta tabla se agregó a la RA3CN.BIB que pasó a llamarse RA3CN2.BIB y es la necesaria para el RA3 con ECN y el prototipo de siliciuro en alguna posición.

5. CALCULOS CON CITVAP:

Se efectuaron algunos cálculos preliminares y simplificados para validar lo hecho e ir creando la capacidad para el diseño de experimentos, con el programa CITVAP.

Los mismos abarcaron:

a. Núcleo en equilibrio con ECN:

Se calculó el núcleo N. 53 /6/, de 80 posiciones, usando la biblioteca RA3CN1.BIB. El buckling axial fue de: $0.00215124 \text{ cm}^{-2}$; resultando: $K_{ef} = 1.12489$.

Notesé que con el modelo WIMS dio 1.09805. Sobre esto, no se pueden sacar conclusiones todavía.

b. Núcleo en equilibrio con ECN y el prototipo P-06:

Como una prueba, se repitió el anterior ubicando un P-06, fresco, en la posición I4 # 4, resultando $K_{ef} = 1,125197$ lo que implica un aumento de reactividad de 300 pcm. No analizado todavía.

6. CONCLUSIONES

Las estimaciones realizadas prevén un quemado medio del núcleo 53, en equilibrio, del 24.3 %, siendo, lo informado, del 28.7 % lo cual se considera razonable.

Analizando los núcleos cargados con ECN y con P-06, frescos, este último proporcionaría un quemado medio superior en un 18 %; el de extracción sería un 20 % mayor; y, el tiempo de residencia [en dpp, al quemado medio] aumenta un 37,4 %. Todo lo cual es una figura de mérito de este nuevo combustibles. El aumento de reactividad es del orden de 1700 pcm.

Las bibliotecas generadas para CITVAP dieron resultados razonables como para ser utilizadas para la planificación de los experimentos y otros estudios en 2 dimensiones.

=====

REFERENCIAS

/1/ M.J.Abbate y otros, "Proyecto: SILICIUROS - ANEXO 5: "Desarrollo experimental de combustibles para reactores de investigación en base a siliciuros de uranio", CNEA - UACN (Bs. As., 14 de diciembre de 1995).

/2/ E.Villarino, comunicación privada, INVAP (1997).

/3/ E.Villarino, P.M.Abbate, O.Lovotti y C.A.Lecot, "MTR-PC 2.0 - System to perform neutronic, thermalhydraulic and shielding calculations on personal computers", comunicación, IX Encontro Nacional de Física de Reatores e Termo-hidráulica, Caxambú, Brasil, Outubro 1993.

/4/ "Certificado de Control de Liberación – Elemento Combustible Normal N. A077", ECRI-CCL-10.1.7 (08may90).

/5/ M.Markiewicz y E.Estévez, "Estimación de pesos de U3Si2 y aluminio del meat para el elemento combustible P-06", Nota Técnica DIS 07-2/98, Bariloche (12ago98).

/6/ "Reactor RA-3, Acta Comité Interno de Seguridad N. 2/96", RZ00A008, Rev. 0, 22/4/96.

=====