



PRECIPITACIÓN DE HIDRUIROS DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN SECO DE LOS ELEMENTOS COMBUSTIBLES

M.I. Luppo^{(1)*}, F.R. Amoroso⁽²⁾, R.E. Haddad^(1,3) y G. Domizzi^(1,3)

⁽¹⁾ Gerencia Materiales, GAEN, CNEA, Av. G. Paz 1499, San Martín, Buenos Aires, Argentina.

⁽²⁾ Gerencia Combustibles Nucleares, GCCN, Av. G. Paz 1499, San Martín, Buenos Aires, Argentina.

⁽³⁾ Instituto Sabato, UNSAM-CNEA, Av. G. Paz 1499, San Martín, Buenos Aires, Argentina

*Correo Electrónico (autor de contacto): luppo@cnea.gov.ar

RESUMEN

Durante la vida en servicio de los elementos combustibles ingresa hidrógeno en las vainas de Zry; al superarse la concentración sólida terminal el hidrógeno precipita en forma de hidruros circunferenciales. En presencia de gradientes térmicos, por ejemplo por desprendimiento del óxido superficial, se pueden formar concentraciones localizadas de hidruros conocidas como ampollas [1]. Debido a la menor densidad del hidruro respecto de la matriz de circonio, se generan tensiones que rodean a la ampolla que pueden superar un umbral y ocasionar la precipitación de hidruros radiales [2]. Además, las ampollas pueden presentar fisuras que actúen como iniciadores para la rotura diferida inducida por hidruros (RDIH).

En el almacenamiento en seco desarrollado para la central nuclear Atucha 1, los combustibles gastados deben resistir condiciones ambientales que incluyen una máxima temperatura en la vaina de 200 °C y una presión interna de ~ 70 bar (valor al final del ciclo). Durante el transcurso del almacenamiento la tensión circunferencial generada por la presión interna se sumaría a las tensiones que rodean la ampolla ayudando a la precipitación y/o crecimiento de los hidruros radiales y al proceso de RDIH. Con el objeto de evaluar esta posibilidad, en el presente trabajo se hidruraron secciones de vainas de Zry-4. Luego se formaron ampollas por gradiente térmico en distintas condiciones de temperatura y forma del contacto térmico a fin de obtener diferentes tamaños de ampollas y mayor fracción de hidruros radiales. Posteriormente en algunas muestras se realizó un ensayo de reorientación de hidruros (ERH) aplicando una presión interna de 70 bar a 200 °C. Finalmente, se seccionaron los tubos y se analizaron metalográficamente buscando la presencia de hidruros radiales.

En algunas muestras se observaron hidruros radiales, los cuales efectivamente crecieron debido a la presión interna de la vaina durante el ERH.

ABSTRACT

Hydrogen enters in Zry clads during fuel element life in service; when hydrogen exceeds the terminal solid solubility precipitates as circumferential hydrides. In the presence of thermal gradients, produced for instance by oxide spallation, localized concentration of hydrides, known as blisters, can be formed. Due to lower density of hydrides compared to zirconium matrix, there are stresses around the blister that can overcome the threshold necessary to precipitate radial hydrides. Moreover, cracks inside the blisters can act as initiators of delayed hydride cracking (DHC).

In the dry storage facilities developed for Atucha 1, the Zry - 4 clads of spent fuel elements (SFE) must withstand environmental conditions which includes maximum temperature of 200 °C and internal SFE pressure of ~ 70 bar (value at end of cycle). During the dry storage, the circumferential stresses generated by the internal pressure would be added to stresses around the blister helping to precipitation and/or growth of radial hydrides and DHC process. In order to assess this possibility, in the present work sections of Zry-4 cladding were hydrided. Then, blisters have been grown by thermal gradient under different conditions of

temperature and shapes of thermal contact in order to obtain different blister dimensions and higher fraction of radial hydrides. After blister formation, a Hydride Reorientation Tests (HRT) was performed in some specimens applying an internal pressure of 70 bar at 200 °C. Finally, tubes were sectioned and metallographically analyzed looking for radial hydrides.

In some samples radial hydrides were observed, which effectively grew by the internal pressure of Zry-cladding during HRT.

REFERENCIAS

1. C.E. Ells, “Influence of hydrogen on the behaviour of zirconium alloys in CANDU reactors”, The Metallurgical Society of CIM, Annual Volume (1978), p. 32-44.
2. G. Domizzi, G. Vigna, S. Bermúdez, J. Ovejero-García, “Hidride distribution around a blister in Zr-2.5Nb pressure tubes”, Journal of Nuclear Materials, Vol. 275 (1999), p. 255-267.

TÓPICO DEL CONGRESO O SIMPOSIO: *T15*

PRESENTACIÓN (ORAL O PÓSTER): *P*