

Comparação Neutrônica entre Revestimentos de Aço Inoxidável e ZIRCALOY em Núcleos PWR

Alexander L. Busse e Alfredo Y. Abe
Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo - CTMSP

INTRODUÇÃO

No princípio da engenharia nuclear o aço inoxidável foi utilizado como material de revestimento das varetas de combustível em reatores LWR. Eventualmente foi substituído pelas ligas de zircônio pelas vantagens neutrônicas deste material. As mais famosas são o Zircaloy-4, utilizados nos reatores PWR, e o Zircaloy-2, utilizado em reatores BWR, embora outras ligas de zircônio são também utilizadas sempre, buscando propriedades superiores quanto a resistência à corrosão e *burnup* mais elevado. A substituição do aço inoxidável para ligas de zircônio se deu basicamente devido à secção de choque de absorção desse material que o torna quase transparente aos nêutrons térmicos. (Duderstadt e Hamilton, 1976, Stacey, 2001).

O aço inoxidável tem a vantagem de não apresentar a reação de oxidação violenta que ocorrem com as ligas de zircônio em altas temperaturas. Durante os acidentes de *Three Mile Island* e *Fukushima*, esta reação causou a liberação de grande quantidade de hidrogênio e danos estruturais importantes. Desta forma, a utilização do aço inoxidável voltou a ser considerada em reatores por serem mais seguras nestas situações acidentais.

OBJETIVO

O objetivo central deste projeto é avaliar, do ponto de vista neutrônico, o impacto do revestimento de aço inoxidável na reatividade do núcleo e em outros parâmetros neutrônicos. As comparações serão feitas em relação ao núcleo com varetas revestidas de Zircaloy.

METODOLOGIA

Para efeito de comparação entre os materiais, foram realizados cálculos de células unitárias, conforme a Figura 1, utilizando os parâmetros geométricos do reator IPEN/MB-01, localizado no IPEN. Na vareta, a região central contém UO_2 enriquecido, segue-se uma região denominada *gap* preenchida com gás He e a seguir a região de revestimento. Envolvendo a vareta há o moderador água. A região do revestimento foi constituída por aço inoxidável ou Zircaloy-4.

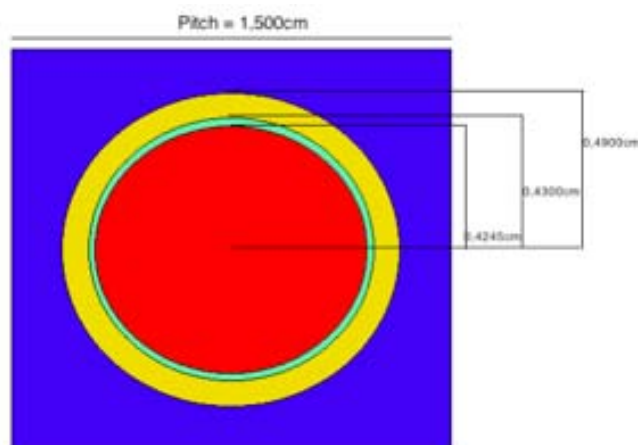


Figura 1 - Representação de célula unitária

As análises foram realizadas utilizando-se o programa NEWT (SCALE5.1, 2005; DeHart et al., 2007). As condições de contorno foram ajustadas para reflexão total e a fuga total de nêutrons do reator foi contemplada com um *buckling* de $0,0154 \text{ cm}^{-2}$. Foram considerados 238 grupos de energia. Os resultados de secções de choque foram colapsados em 2 grupos de energia, acima e abaixo de $0,625 \text{ eV}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com o programa NEWT foram de distribuições de taxas de reação, fator efetivo de multiplicação e coeficiente de reatividade de temperatura isotérmico. As taxas de reação comparadas foram de fissão, absorção de nêutrons, de fuga de nêutrons e de espalhamento de nêutrons. Os espectros também foram comparados. A Tabela 1 resume os resultados obtidos e a Figura 2 apresenta a diferença fracionária entre o espectro de nêutrons na vareta de aço e de zircaloy em relação ao aço.

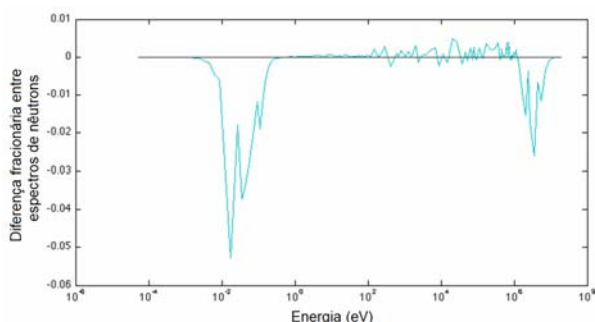


Fig 2 – Resultado do espectro de nêutrons.

Tabela 1 – Resultados obtidos

Parâmetro (300k)	Aço Inox	Zircaloy4
• Fator efetivo de multiplicação	1,024016	1,110019
• Coeficiente de reatividade de temperatura isotérmico	-5,8 pcm/°C	-6,6 pcm/°C
• η	1,899798	1,900709
• f	0,806769	0,902854
• p	0,742516	0,746781
• ϵ	1,181310	1,165522

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que o uso de revestimento de Zircaloy-4 aumenta o espectro na energia abaixo de 1 eV em até 5% e o fator efetivo de multiplicação

aumentou de 1,02402 para 1,11002, ou ganho de cerca de 7566 pcm. O coeficiente de reatividade de temperatura isotérmico da célula com revestimento de zircaloy é mais negativo e variou de -5,8 pcm/°C para -6,6 pcm/°C. Segundo uma estimativa realizada utilizando os dados da Tabela 1 e dados da literatura [5], a variação de reatividade entre os revestimentos de zircaloy e aço inoxidável traduz-se em um ganho de 680 dias de operação em potência máxima de um reator PWR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] DeHART, M. D.; GAULD, I. C.; WILLIAMS, M. L. High-fidelity lattice physics capabilities of the SCALE code system using TRITON. Joint International Topical Meeting on Mathematics & Computation and Supercomputing in Nuclear Applications. Monterrey, California, April 15-19 (2007).

[2] J. DUDERSTADT, J. e HAMILTON, L. J. Nuclear Reactor Analysis, New York, Wiley (1976).

[3] SCALE: A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation, ORNL/TM-2005/39, Version 5, Vols. I-III (April 2005). Available from Radiation Safety Information Computational Center at Oak Ridge National Laboratory as CCC-725.

[4] STACEY, W. M. Nuclear Reactor Analysis, John Wiley & Sons, Inc (2001).

[5] E. E. LEWIS, Fundamentals of Nuclear Reactor Physics. Pag 256. Fig 10,4

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo

PIBITI/CNPq