

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS RELACIONADOS AO REVESTIMENTO EM CÓDIGO DE DESEMPENHO DE COMBUSTÍVEL

**Leandro Tadashi Hirota e Claudia Giovedi
Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo - CTMSP**

INTRODUÇÃO

Códigos de desempenho de combustível são ferramentas fundamentais na análise de projetos de combustíveis nucleares utilizados em reatores, pois permitem a realização de uma simulação detalhada da interligação dos efeitos térmicos, mecânicos, de pressão interna e das propriedades materiais dos componentes de um determinado tipo de elemento combustível para uma dada geometria, histórico de potência e distribuição axial de fluxo. Sendo assim, a partir de resultados obtidos por meio do uso desses códigos, é possível avaliar um dado projeto de combustível de modo a prever se ele será capaz de satisfazer aos critérios de desempenho estabelecidos em projeto [1].

A partir de informações referentes às características de fabricação da vareta combustível e do seu histórico de operação (evolução temporal da potência de operação da vareta e das condições termohidráulicas do refrigerante), o código calcula os efeitos inter-relacionados de: temperaturas do combustível e do revestimento, pressão interna da vareta, deformações do combustível e do revestimento, liberação dos produtos de fissão, inchamento e densificação do combustível, expansão térmica, corrosão e crescimento induzido pela radiação no revestimento, e formação de depósito na parede do revestimento.

Como dados de saída, o código fornece uma estimativa das temperaturas, da pressão interna e das tensões e deformações observadas no combustível e no revestimento ao longo de toda a vareta.

O código também estima a fragilização do revestimento por oxidação e hidratação durante a irradiação e prediz a probabilidade da ocorrência de falha na vareta combustível.

Para a realização dos cálculos, os códigos utilizam bancos de dados contendo informações sobre as propriedades dos materiais que compõem o combustível e o revestimento. No caso específico do revestimento, os códigos usualmente contêm dados referentes apenas às ligas à base de zircônio, já que estes são os materiais convencionalmente utilizados em reatores dos tipos PWR e BWR.

O reator do LABGENE será o primeiro reator nuclear de alta potência totalmente construído no Brasil. O protótipo terá capacidade de geração de energia de 48 MW térmicos [2]. O seu projeto prevê a utilização de aço inoxidável como material de revestimento, sendo assim a utilização de códigos de desempenho de combustível que atendam às características do projeto passa necessariamente pela etapa de adaptação do código para essa condição.

OBJETIVO

O trabalho tem por objetivo a avaliação dos parâmetros relacionados ao revestimento em código de desempenho de combustível visando à sua modificação para uma versão que contemple a utilização de aço inoxidável como material de revestimento.

METODOLOGIA

O início do trabalho consistiu na busca e leitura de relatórios existentes no acervo do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo. Foram encontrados diversos relatórios em que o tema central era sobre os códigos de desempenho de combustível. A partir de uma triagem foram selecionados os relatórios com maior número de informações sobre o tema estudado. Esses relatórios foram então avaliados no intuito de levantar dados referentes à adaptação de códigos de desempenho de combustível para o revestimento de aço inoxidável. Também foram avaliados arquivos digitais referentes ao código fonte de modo a identificar as subrotinas ligadas ao revestimento.

RESULTADOS

O programa utilizado para simulação contém cerca de 40 subrotinas que tratam de propriedade materiais, de revestimento e misturas gasosas no interior da vareta. Portanto, não são todas as subrotinas que sofrerão alteração, pois só serão modificadas aquelas que possuírem uma ligação com as propriedades físico-químicas e mecânicas do revestimento.

As subrotinas relacionadas ao revestimento e que, portanto, devem ser modificadas para aço inoxidável tratam das seguintes propriedades do material: capacidade de calor específico; efeito da dissolução de hidretos sobre o calor específico; expansão térmica axial e diametral; módulo de elasticidade; emitância; emissividade; dureza Meyer; razão de Poisson; deformação *versus* tensão; relação matemática entre tensão e deformação reais; tensão *versus* deformação; condutividade térmica; condutividade térmica do dióxido de zircônio; taxa de “creep”; crescimento axial; propriedades físicas; ciclo de fadiga; espessura de camada de óxido sobre a parte externa de revestimento; oxidação; limites mecânicos

do revestimento; deformações locais para ruptura; deformação para ruptura e concentração média de hidrogênio.

Dentre as propriedades acima descritas, para algumas verificou-se que não há necessidade de adaptação para aço, já que essas subrotinas não são chamadas pelo código, para outras foram feitas alterações nas propriedades com base em dados presentes nos relatórios consultados e em pesquisa bibliográfica referente às propriedades de aços inoxidáveis.

CONCLUSÕES

O trabalho realizado de avaliação de relatórios internos ligados ao tema em estudo, compilação destes dados e avaliação das subrotinas ligadas ao revestimento em código de desempenho de combustível, deram suporte à atividade de adaptação dessas subrotinas e geração de uma nova versão compilada do código que possibilita a obtenção de dados referentes ao desempenho do combustível utilizando como material de revestimento aço.

Na continuidade do trabalho será dado suporte às atividades de consolidação da versão modificada para aço inoxidável do código de desempenho do combustível e de obtenção de dados referentes ao projeto em estudo utilizando essa versão modificada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] H. S. Aybar, P. Ortego, “A review of nuclear fuel performance codes”, Progress in Nuclear Energy, 46, pp. 127-141 (2005).
- [2] “O submarino que dá luz”, <http://revistapesquisa.fapesp.br/?art=3336&bd=1&pg=2&lg>.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBITI