

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TRANSIENTE DA DIFUSÃO DE CALOR EM CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL NUCLEAR COM GEOMETRIAS ELÍPTICA E RETANGULAR**Marcelo F. Pelegrini, Thiago A. Alves, Ricardo A. V. Ramos e Cassio R. M. Maia**

UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Engenharia Mecânica

Av. Brasil, 56, Centro, Caixa Postal 31, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP

E-mail para correspondência: antonini@dem.feis.unesp.br

Introdução

Problemas de difusão de calor em regime transiente que apresentam fontes distribuídas em seu domínio e propriedades termofísicas variáveis representam uma área de grande interesse na engenharia mecânica, em particular, na área de transferência de calor e massa.

Uma importante aplicação destes problemas diz respeito a células de combustível em reatores nucleares que apresentam dimensões reduzidas e liberam altas taxas de energia térmica resultante da reação de fissão nuclear do elemento fissil (Maia, 2003).

Formulação do Problema

Neste trabalho, apresenta-se uma análise do comportamento térmico transiente de células de combustível nuclear cilíndricas com seção transversal de geometria elíptica e retangular submetidas a condições de contorno de primeiro tipo, perfil de temperatura inicial uniforme e propriedades termofísicas variáveis. O efeito da depressão do fluxo de nêutrons térmicos no interior destas células também foi levado em consideração utilizando-se um modelo simplificado da Lei de Difusão de Fick (Pelegrini, 2005). A dificuldade inerente da aplicação das condições de contorno em problemas com geometria elíptica foi removida empregando-se uma mudança de coordenadas apropriada. Visando facilitar o tratamento analítico, a equação da difusão foi convenientemente linearizada através da Técnica da Transformada de Kirchhoff (Özisik, 1993). Para a determinação da distribuição do fluxo neutrônico e da temperatura no combustível foi feito uso da Técnica da Transformada Integral Generalizada – TTIG sobre as equações de difusão de nêutrons e de calor no domínio da célula. Parâmetros físicos de interesse, como por exemplo, a constante de tempo, foi, então, calculada para diversos valores da razão de aspecto (b/a) e do comprimento de difusão (L^2_d) para ambas as geometrias.

Constante de Tempo

Para a análise deste problema é conveniente que se estabeleça um parâmetro apropriado capaz de verificar o comportamento transiente da difusão de calor em células de combustível nuclear em função da razão de aspecto (b/a) do cilindro de seção elíptica e retangular. Para tanto, o seguinte parâmetro é definido:

$$\theta_N(u, v, \tau) = \frac{\theta(u, v, \tau)}{\theta_{máx}(\infty)}, \quad (1)$$

onde, conseqüentemente, tem-se que:

$$\theta_{N\ máx}(\tau) = \frac{\theta_{máx}(\tau)}{\theta_{máx}(\infty)}. \quad (2)$$

Da Equação (2), observa-se que o potencial $\theta_{N\ máx}(\tau)$ estará compreendido no intervalo $[0,1]$. Assim, define-se a constante de tempo como sendo o parâmetro que determina o tempo necessário para que a temperatura $\theta_{N\ máx}(\tau)$ esteja a $1/e$ do seu valor em regime permanente, ou seja:

$$\theta_{N\ máx}(\tau_{máx}) = \frac{\theta_{máx}(\tau_{máx})}{\theta_{máx}(\infty)} = \left[1 - \frac{1}{e}\right] = 0,63212. \quad (3)$$

Resultados

Na Tabela 1, apresentam-se os resultados obtidos para a constante de tempo máxima em função da razão de aspecto (b/a) para as geometrias elípticas e retangulares, parametrizada pelo comprimento de difusão (L_d^2). O comportamento transiente da difusão de calor pode ser melhor observado através da Fig. 1.

Tabela 1 – Constante de tempo máxima em função da razão de aspecto para as geometrias elíptica e retangular.

b/a	$L_d^2 = \infty$		$L_d^2 = 2.0$		$L_d^2 = 1.0$		$L_d^2 = 0.5$	
	$\tau_{m\acute{a}x}^{ret}$	$\tau_{m\acute{a}x}^{el\acute{i}p}$	$\tau_{m\acute{a}x}^{ret}$	$\tau_{m\acute{a}x}^{el\acute{i}p}$	$\tau_{m\acute{a}x}^{ret}$	$\tau_{m\acute{a}x}^{el\acute{i}p}$	$\tau_{m\acute{a}x}^{ret}$	$\tau_{m\acute{a}x}^{el\acute{i}p}$
0,10	0,5049	0,1725	0,5080	0,1730	0,5109	0,1734	0,5163	0,1743
0,20	0,6009	0,1771	0,6058	0,1779	0,6103	0,1786	0,6182	0,1799
0,30	0,6936	0,1812	0,7033	0,1822	0,7113	0,1832	0,7243	0,1849
0,40	0,7670	0,1843	0,7832	0,1855	0,7964	0,1866	0,8172	0,1886
0,50	0,8183	0,1865	0,8393	0,1877	0,8568	0,1889	0,8843	0,1911
0,60	0,8526	0,1881	0,8765	0,1894	0,8967	0,1906	0,9289	0,1928
0,70	0,8749	0,1892	0,9004	0,1905	0,9221	0,1917	0,9572	0,1940
0,80	0,8884	0,1900	0,9147	0,1912	0,9373	0,1924	0,9742	0,1947
0,90	0,8953	0,1903	0,9220	0,1916	0,9450	0,1928	0,9826	0,1950
1,00	0,8973	0,1904	0,9241	0,1916	0,9472	0,1928	0,9851	0,1951

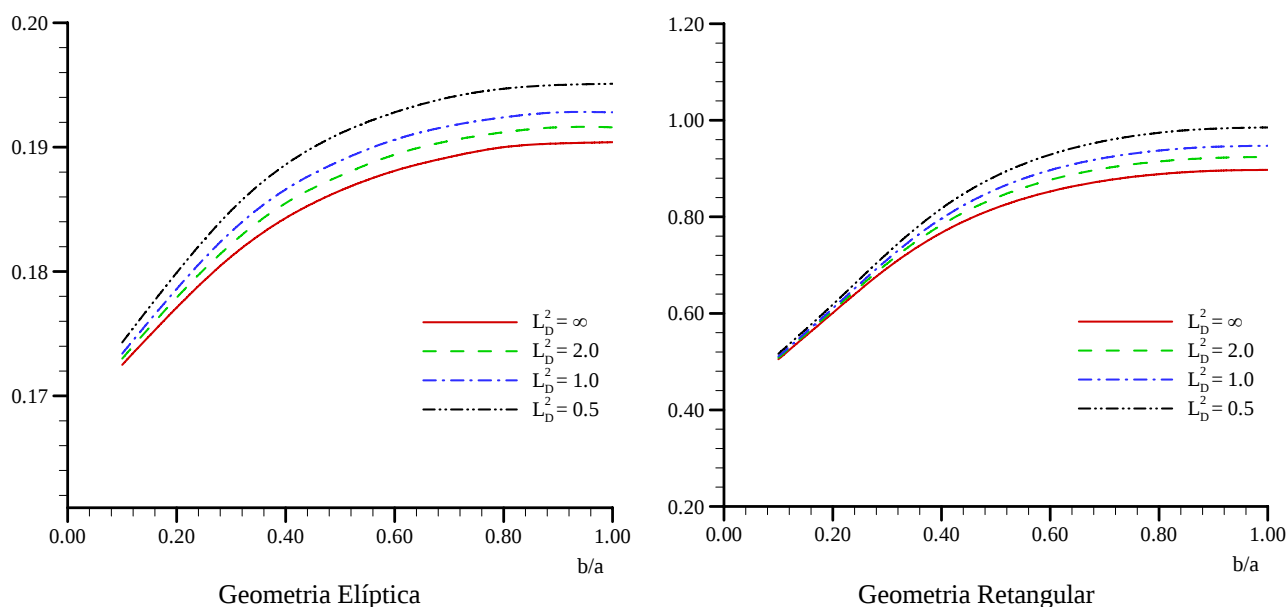


Figura 1 – Constante de tempo máxima em função de b/a parametrizada em L_d^2 ,

Conclusões

A utilização de técnicas híbridas analítico-numéricas para solução de problemas difusivos e difusivos-convectivos transientes vêm conquistado cada vez mais adeptos no meio técnico-científico devido à sua precisão e ao seu baixo custo computacional quando comparado aos tradicionais métodos numéricos,

No presente problema, a Técnica da Transformada Integral Generalizada – TTIG foi aplicada com sucesso na obtenção da solução de problemas difusivos transientes multidimensionais com fontes variáveis, ressaltando-se, em particular, o problema com domínio de geometria elíptica submetida a condições de contorno de Dirichlet (primeiro tipo) cuja dificuldade inerente da aplicação das condições de contorno em problemas com esta geometria foi removida empregando-se uma mudança de coordenadas apropriada,

Referências Bibliográficas

- Maia, C,R,M,, “Solução de Problemas Difusivos e Difusivos-convectivos em Domínio de Geometria Elíptica e Bicôncava pela Técnica da Transformada Integral Generalizada”, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 251p, 2003,
- Özisik, M,N,, “Heat Conduction”, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, USA, 1993,
- Pelegriini, M, F,, “Aplicação da Técnica da Transformada Integral para Solução de Problemas Difusivos Transientes com Propriedades Termofísicas Variáveis”, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, Brasil, 128p, 2005,