

Métodos Numéricos en Ingeniería 2009

Editores:

Antonio Huerta

Eugenio Oñate

Antonio Rodríguez Ferran

Isabel N. Figueiredo

Luís F. Menezes

António J.B. Tadeu



Métodos Numéricos en Ingeniería 2009

Editores:

Antonio Huerta
Eugenio Oñate
Antonio Rodríguez Ferran

Isabel N. Figueiredo
Luís F. Menezes
António J.B. Tadeu

Publicado por

SEMNI



Sociedad Española de Métodos
Numéricos en Ingeniería

APM|AC

Associação Portuguesa de Mecânica
Teórica, Aplicada e Computacional

© Sociedad Española de Métodos Numéricos en Ingeniería (SEMNI)
Edificio C1, Campus Norte UPC Gran Capitán, s/n 08034 Barcelona, Spain
www.semni.org

Métodos Numéricos en Ingeniería 2009
A. Huerta, E. Oñate, A. Rodríguez Ferrás,
I. N. Figueiredo, L. F. Menezes y A. J. B. Tadeu (Eds.)

Primera edición: Junio 2009

© Los autores

Impreso por: Artes Gráficas Torres, S.L. c/ Morales 17, 08029 Barcelona, Spain

Déposito Legal: B-28307-09

ISBN: 978-84-96736-66-5

Comparing Simplified Calculation Methods and a new Methodology for Analyzing Steel and Composite Steel-Concrete Sections in Fire <i>F. da Silva Bernardes, M.H. Barros and J.P. Rodrigues</i>	141
Diseño Óptimo de Uniones Semirrígidas mediante Simulación Numérica y Modelos Kriging <i>P. Martí Monrull and C. Díaz Gómez</i>	142
Encurvadura Lateral por Flexão-Torção de Vigas de Secção Variável Restringidas Elasticamente <i>A. Andrade, P. Providência and D. Camotim</i>	143
Estabilidade de Pórticos Metálicos Tri-Dimensionais: Utilização de Modelos Numéricos Baseados na Teoria Generalizada de Vigas (GBT) <i>C. Basaglia, D. Camotim and N. Silvestre</i>	144
Influencia de las Imperfecciones Estructurales en la Modelización de Vigas Armadas de Acero sometidas a Cargas Concentradas <i>M. Serrat, R. Chacón and E. Real</i>	145
Interação Distorcional/Global em Colunas de Aço Enformadas a Frio com Secção em C: Análise por Elementos Finitos <i>P.B. Dinis and D. Camotim</i>	146
Modelação Numérica de Elementos Estruturais em Aço Inoxidável com Secções Esbeltas em Situação de Incêndio <i>N. Lopes, P. Vila Real, P. Piloto, L. Mesquita and L. Simões da Silva</i>	147
Modelización Numérica de Ensayos en Pilares Tubulares Circulares Rellenos de Hormigón <i>R. Chacón, E. Mirambell and E. Real</i>	148
Modelo de Contacto para Secções Mistas parcialmente Embebidas <i>P.A. Piloto, A.B. Gavilán and L.M. Mesquita</i>	149
Modelo Numérico Tridimensional para la Resistencia al Fuego de Pilares Tubulares de Acero Esbeltos Rellenos de Hormigón <i>A. Espinós, A. Hospitaler and M.L. Romero</i>	150
Modelo Numérico Unidimensional de Perfiles Tubulares de Acero Rellenos de Hormigón <i>J.M. Portolés, M.L. Romero, F.C. Filippou, J.L. Bonet and D. Hernandez-Figueirido</i>	151
Sobre la Resolución Estructural de Vigas Alveolares <i>R.A. Galindo Aires and J. Sánchez Marín</i>	152
Thermal and Mechanical Analysis of Steel and Composite Steel and Concrete Sections in Case of Fire <i>F. da Silva Bernardes, J.P. Rodrigues and M.H. Barros</i>	153
Um Modelo de Transferência de Calor e de Massa de Tintas Intumescentes na Protecção ao Fogo do Aço <i>L. Mesquita, P. Piloto and M. Vaz</i>	154
Un Modelo Diferencial de Histéresis para Paredes de Cortante en Estructuras de Acero Conformado en Frio <i>N. Pastor, A. Rodríguez-Ferran and A. Arnedo</i>	156

UM MODELO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR E DE MASSA DE TINTAS INTUMESCENTES NA PROTECÇÃO AO FOGO DO AÇO

Luís M.R. Mesquita¹, Paulo A.G. Piloto¹, Mário A.P. Vaz²

¹ Instituto Politécnico de Bragança
Campus Santa Apolónia, Ap. 1134,
5300-857 Bragança, Portugal
lmesquita@ipb.pt, ppiloto@ipb.pt

² Universidade do Porto,
Rua Dr Roberto Frias, S/N
4200-465 Porto, Portugal
gmavaz@fe.up.pt

RESUMO

As tintas intumescentes são utilizadas, na sua grande parte, na indústria da construção civil para providenciar os requisitos de resistência ao fogo prescritos nos regulamentos de dimensionamento estrutural. São aplicadas fundamentalmente em elementos estruturais com resistência ao fogo reduzida, como é o caso das estruturas de aço e alumínio.

Quando a protecção intumescente entra em contacto com os gases quentes provenientes de um incêndio, começa a formar bolhas, originando uma expansão volumétrica com perda de massa. Esta camada carbonosa, de baixa densidade e porosa, proporciona uma redução da transferência de calor à camada virgem de tinta subjacente e, portanto, para o substrato.

O modelo é baseado no pressuposto de que a reacção de decomposição térmica da tinta é única, ocorre a uma determinada temperatura numa camada muito fina, que separa a camada carbonosa do material virgem, originando material sólido carbonoso e gás. É assumido que os gases da reacção se comportam idealmente e não originam reacções secundárias. Adicionalmente, é considerado que a fracção sólida da camada carbonosa e os gases aí contidos se encontram em equilíbrio térmico, [1].

O modelo numérico é composto pela equação de conservação da energia do substrato, da camada virgem e da camada carbonosa, conservação da massa das fracções gasosa e sólida. Este modelo permite determinar a posição da fronteira móvel e da fronteira livre e, consequentemente, a variação da espessura do intumescente ao longo do tempo.

A eficiência do modelo será analisada por comparação com resultados experimentais realizados num calorímetro de cone, [2], em placas de aço protegidas com tintas intumescentes de dois fabricantes distintos, com diferentes valores de espessura seca e de fluxos de calor por

radiação. A Figura 1 apresenta os resultados experimentais da variação da temperatura nas placas de aço protegidas com uma espessura seca de tinta igual a 1.5 [mm], expostas a fluxos de calor por radiação de 35 e 75 [kWm^{-2}], assim como a variação da temperatura nas placas de silicato de cálcio, [3].

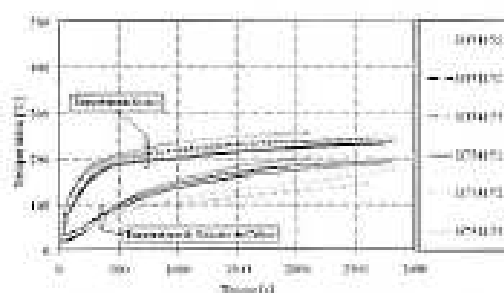


Fig. 1 Evolução das temperaturas nas placas de aço e no silicato de cálcio, protegidas com 1.5 [mm] de tinta B e submetidas a um fluxo de calor de 35 e 75 [kWm^{-2}].

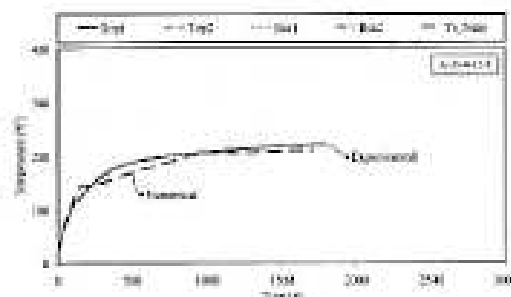


Fig. 2 Comparação entre os resultados experimentais e numéricos, $E_0 = 125 \text{ kW/m}^2$.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do modelo, a aproximação numérica das equações diferenciais e a comparação entre os resultados numéricos e experimentais relativamente à evolução da temperatura do aço, a perda de massa e a variação de espessura da intumescência, ver Figura 2.

REFERÊNCIAS

- [1] Bourbigot S., Duquesne S., Leroy J.M., "Modeling of Heat Transfer of a Polypropylene-Based Intumescent System during Combustion", *Journal of Fire Sciences*, 17, 42, 1999.
- [2] ISO 5660-1:2002, Reaction-to-fire tests - Heat release, smoke production and mass loss rate. Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method). International Organization for Standardization, 2002.
- [3] Mesquita, L.M.R.; Piloto, P.A.G.; Vaz, M.A.P.; Pinto, T.; "Decomposition of intumescent coatings: comparison between numerical method and experimental results", *Application of Structural Fire Design*, ISBN: 978-80-01-04266-3, pp. 140-145, Prague, Czech Republic, 19-20 February 2009.