

RESUMO

Durante o proceso de produción do aceiro, a mestura de *arrabio* e escoura circula polo canal de formigón refractario do forno alto a unha temperatura de 1500 °C. Debido ás elevadas temperaturas que soporta, o material podería resultar considerablemente danado, dando lugar a fendas polas que se coaría o metal líquido, coas consecuencias catastróficas que isto tería para a estrutura.

O obxectivo deste traballo é modelizar e simular numericamente o dano termomecánico producido sobre o canal de formigón unha vez alcanzada a distribución estacionaria de temperaturas, obtidas en [1] a partir da resolución do problema termohidrodinámico.

O noso modelo está composto pola lei de conservación de momentos, unha lei de comportamento termoelástica lineal isótropa con dano, a lei de evolución da variable de dano, dada polo modelo de Mazars [2], e as condicións de complementariedade de Kuhn–Tucker. Polo tanto, coñecido o campo de temperaturas θ no canal Ω_s , resólvese o seguinte problema en $\Omega_s \times (0, 1]$:

$$\begin{cases} -\text{Div}(\boldsymbol{\sigma}) = \vec{f}\tau, \\ \boldsymbol{\sigma} = \frac{(1-D)E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [\nu \text{tr}(\boldsymbol{\varepsilon}(\vec{u})) \mathbf{I} + (1-2\nu)\boldsymbol{\varepsilon}(\vec{u}) - \alpha(\theta - \theta_0)(1+\nu)\mathbf{I}], \\ D = 1 - \frac{\varepsilon_{D_0}}{K}(1-A) - A \exp[-B(K - \varepsilon_{D_0})], \\ \dot{K} \geq 0, \quad \bar{\varepsilon}_{corr} - K \leq 0, \quad \dot{K}(\bar{\varepsilon}_{corr} - K) = 0, \end{cases}$$

con condicións iniciais e de contorno adecuadas, tendo en conta a presión exercida polos fluídos e a cuberta do canal. Nas ecuacións anteriores $\boldsymbol{\sigma}$ é o tensor de tensións, $\vec{f}$ a densidade de forzas volúmicas; $\boldsymbol{\varepsilon}$ o tensor de deformacións, D a

variable de dano, E o módulo de Young, ν o coeficiente de Poisson, α o coeficiente de expansión térmica, θ_0 a temperatura de referencia; ε_{D_0} a deformación limiar de dano, K a máxima deformación alcanzada ao longo da historia de carga, A e B variables asociadas ao comportamento en tracción e compresión do formigón; $\bar{\varepsilon}_{corr}$ a deformación equivalente corrixida, relacionada coa aparición de dano no material. O problema resólvese de forma incremental, aplicando as cargas e as condicións de contorno gradualmente a través do parámetro $\tau \in (0, 1]$, desde o estado inicial descargado $\tau = 0$ ata $\tau = 1$, que se corresponde co problema real.

RESULTADOS

A resolución numérica lévase a cabo mediante *Code_Aster*, un paquete de cálculo de código aberto en elementos finitos. Obtemos a deformación equivalente corrixida, indicativa da aparición de dano cando toma valores por enriba do limiar ε_{D_0} , así como a variable de dano ao longo do canal principal.

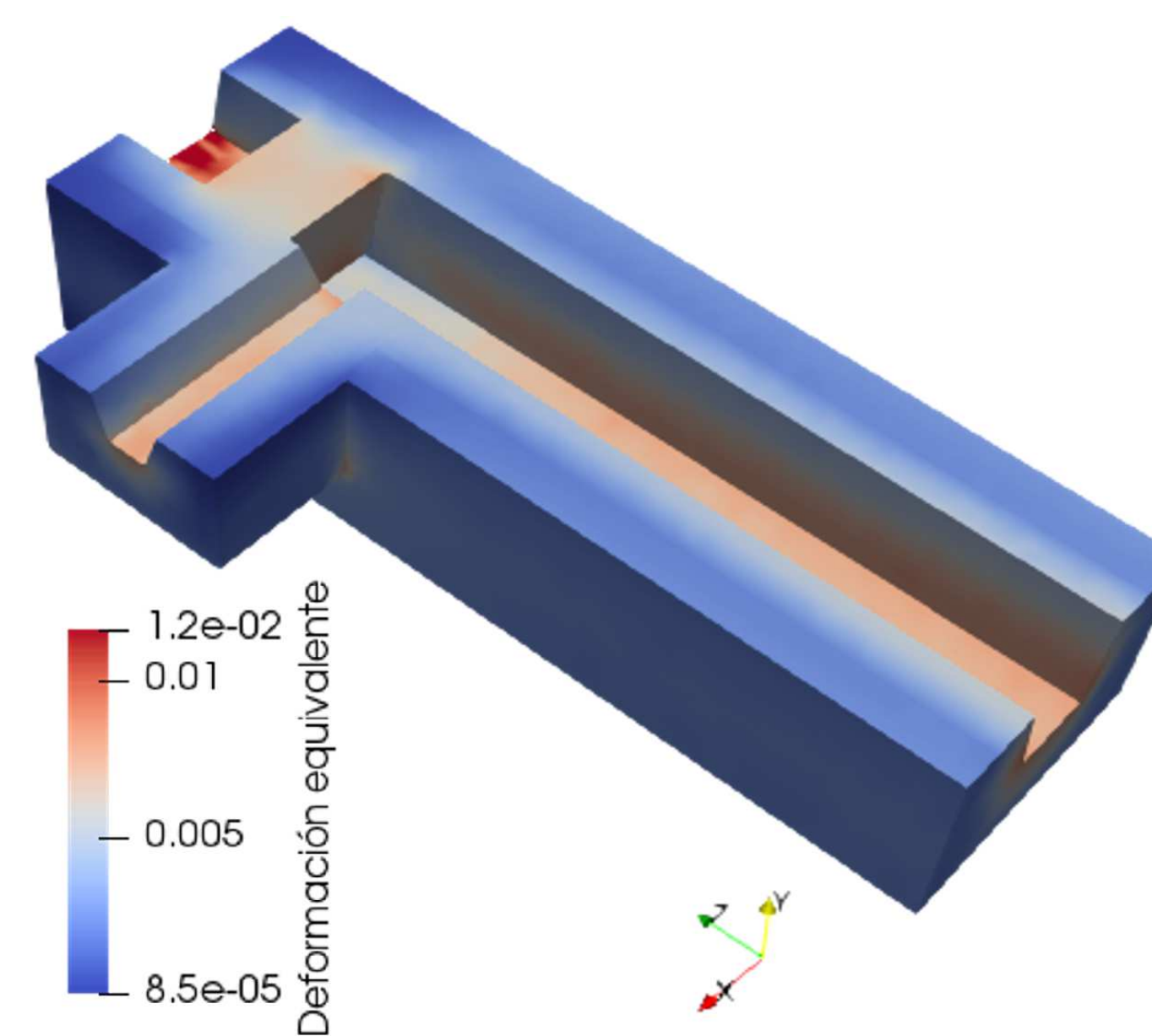


Fig. 1: Deformación equivalente corrixida sobre o canal.

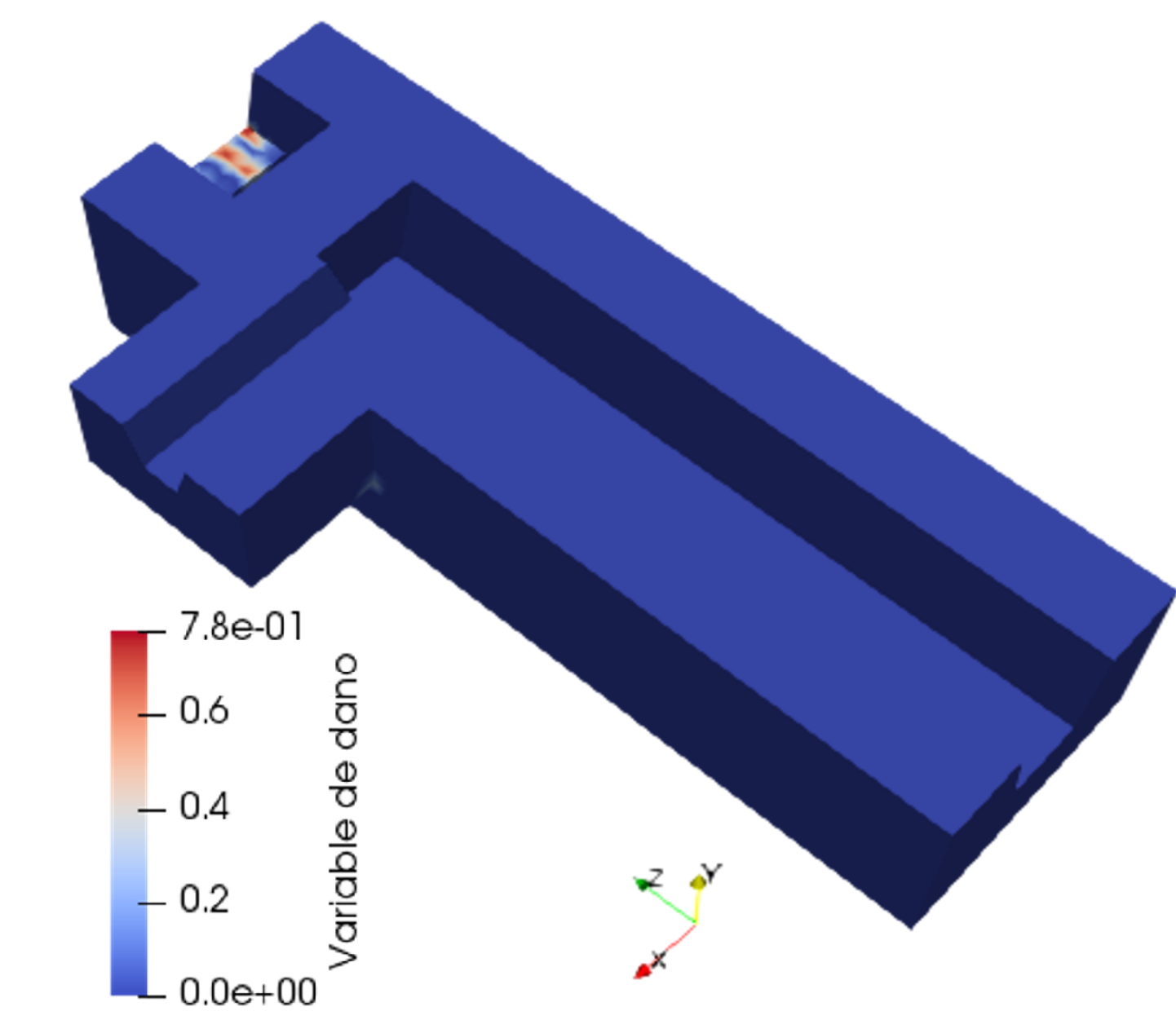


Fig. 2: Distribución de dano sobre o canal.

Neste traballo logramos modelizar e simular numericamente un problema de termoelasticidade con dano, unha análise pouco abundante na literatura, especialmente a temperaturas tan elevadas. O estudo debe ser tomado como unha primeira aproximación, á espera dos avances na resolución do problema termohidrodinámico evolutivo, que permitirían considerar separadamente dano térmico e dano elástico.

REFERENCIAS

- [1] P. Barral, B. Nicolás, L. J. Pérez-Pérez e P. Quintela. *Numerical simulation of wear-related problems in a blast furnace runner. Recent advances in differential equations and applications*. SEMA SIMAI Springer Series 18, 2019.
- [2] J. Mazars. *A description of microscale and macroscale damage of concrete structures*. Engineering Fracture Mechanics, 25(5):729–737, 1986.
- [3] J. Lemaitre. *A course on damage mechanics*. Springer Berlin Heidelberg, 1996.