



ANÁLISIS MULTI-ESCALA DEL PROCESO DE DAÑO EN FUNDICIÓN DE HIERRO CON GRAFITO ESFEROIDAL DE MATRIZ FERRÍTICA EN INSTANCIAS TEMPRANAS DE DEFORMACIÓN

Diego O. Fernandino^{(1)*}, Pablo J. Sanchez⁽²⁾, Alfredo E. Huespe⁽²⁾ y Adrián P. Cisilino⁽¹⁾

⁽¹⁾Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales, CONICET, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Juan B. Justo 4302, Mar del Plata, Argentina.

⁽²⁾Centro de Investigación de Métodos Computacionales, CONICET, Universidad Nacional del Litoral, Güemes 3450, Santa Fe, Argentina.

*Correo Electrónico (autor de contacto): dfernandino@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

Las fundiciones de hierro con grafito esférico (FGE) ferrítica es un material compuesto por nódulos de grafito embebidos en una matriz metálica ferrítica, usualmente utilizado cuando se requieren valores de ductilidad, impacto y resistencia a la tracción equivalentes a las de un acero de bajo carbono [1]. A pesar de que las FGE se han desarrollado desde 1948, el entendimiento sobre la secuencia y ocurrencia de los mecanismos de daño asociados al proceso de fractura siguen siendo motivos de discusión. En este contexto, la mecánica computacional ha surgido como un instrumento poderoso para mejorar la comprensión de los efectos de las variables microestructurales sobre el comportamiento mecánico e incluso, ha brindado herramientas para ser utilizadas a modo de "laboratorios virtuales", con el fin de caracterizar parámetros bajo condiciones difícilmente reproducibles en forma experimental. Sin embargo, el uso de modelos computacionales para predecir la respuesta mecánica en FGE resulta aún limitado [2,3].

En este trabajo, se presenta un análisis multi-escala que involucra elasticidad lineal y etapas tempranas de daño. Se consideran mecanismos de daño de decohesión nódulo-matriz y plasticidad localizada en la matriz. El cálculo de homogeneización se realiza utilizando la parte estable de una novedosa Formulación Multi-escala Orientada a Falla [4], implementada en un esquema de elementos finitos con interfaces cohesivas para modelar la decohesión de nódulos. A su vez, los análisis teóricos y numéricos se comparan con datos experimentales y observaciones en ambas escalas, micro y macro. En la micro-escala, se utilizan técnicas experimentales para caracterizar la geometría y las propiedades mecánicas de los micro-constituyentes y para identificar y controlar los mecanismos de daño; mientras que en la macro-escala, los modelos numéricos se validan por medio de la respuesta tensión vs deformación.

Los resultados permiten correlacionar la complejidad intrínseca del proceso de daño microestructural con la respuesta macroscópica del material.

ABSTRACT

Ferritic ductile iron (FDI) microstructure consists of graphite nodules embedded in a ferritic matrix. FDI is used when ductility, good impact properties and tensile and yield strengths equivalent to those of low carbon steel are specified [1].

Although the FDI has been developed since 1948, the understanding of the damage mechanisms associated with its fracture process is still under discussion. In this context, computational mechanics emerges as a powerful tool to help to the better understanding of the effects of the microstructural features on the mechanical behavior. Computational Mechanics provides a set of numerical tools that serve as "virtual laboratories" to study the material mechanical response under conditions difficult to reproduce

experimentally. However, the use of computational modelling to predict the FDI mechanical response is still limited [2,3].

A multi-scale analysis of the linear elastic and the early damage stages of FDI is introduced in this work. The analysis involves the damage mechanisms of nodule debonding and localized matrix plasticity. The computational homogenization is performed using the stable part of the novel Failure–Oriented Multi-Scale Variational Formulation (FOMF) [4], which is implemented on a finite element scheme with cohesive interfaces to model nodule debonding. Theoretical and numerical analyses are accompanied by experimental tests and observations in the micro and macro scales. Tests and observations in the micro scale are used to characterize the geometry and mechanical properties of the micro-constituents and to identify and monitor damage mechanisms; while in the macro scale, the material stress vs strain is monitored to validate the computational models.

The results allow to correlate the intrinsic complexity of the microstructural damage process with the macroscopic response of the material.

REFERENCIAS

1. F. M. Burditt, “Ductile Iron Handbook”; 1992, American Foundrymen’s Society, Inc.
2. N. Bonora and A. Ruggiero, “Micromechanical modeling of ductile cast iron incorporating damage. Part I: Ferritic ductile cast iron”; International Journal of Solids and Structures, Vol. 42 (2005), p. 1401-1424.
3. D. O. Fernandino, A. P. Cisilino, R. E. Boeri, “Determination of effective elastic properties of ferritic ductile cast iron by means computational homogenization and microindentation test”; Mechanics of Materials, Vol. 83 (2015), p. 110-121.
4. P. J. Sánchez, P. J. Blanco, A. E. Huespe and R. A. Feijóo, “Failure-Oriented Multi-scale Variational Formulation: Micro-structures with nucleation and evolution of softening bands”; Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol. 257 (2013), p. 221-247.

TÓPICO DEL CONGRESO O SIMPOSIO: *T18*

PRESENTACIÓN (ORAL O PÓSTER): *O (oral)*