



Modellazione micromeccanica dello snervamento di una ghisa sferoidale EN-GJS-600-3 in condizioni di carico multiassiale

Thursday 3 September 2026 15:00 (15 minutes)

1. Obiettivo

L'oggetto del lavoro è lo studio del comportamento a snervamento della ghisa sferoidale EN-GJS-600-3 in condizioni di multiassialità degli sforzi. Il comportamento meccanico del materiale è influenzato dalla microstruttura, specialmente dalle proprietà della matrice e dalla presenza dei noduli di grafite. Benedetti et al. [1] hanno condotto prove statiche biassiali in condizioni di sollecitazione assiale e torsionale combinata, rilevando un'asimmetria nella resistenza allo snervamento in trazione e compressione. Inoltre, hanno dimostrato come il criterio di Von Mises non sia adatto per questo materiale, il cui snervamento è meglio descritto da criteri per materiali compositi.

In quest'ottica, le simulazioni micromeccaniche sono un potente strumento per studiare l'influenza della microstruttura sul comportamento macroscopico. Questo lavoro ha quindi come obiettivo lo sviluppo di un modello FEM micromeccanico adatto a spiegare il comportamento a snervamento in regimi di carico multiassiale, confrontando i risultati numerici con i valori sperimentali riportati in Benedetti et al. [1].

2. Metodi

Il modello FEM realizzato consiste in una cella cubica contenente 5 noduli di grafite disposti casualmente. L'omogenizzazione è stata condotta applicando condizioni al contorno periodiche e i carichi concentrati sono stati applicati ai relativi nodi fittizi. La matrice perlitica al 90% è stata modellata con un modello elasto-plastico di Chaboche. La correttezza dei parametri è stata verificata simulando una prova di microdurezza Vickers, confrontando i valori e la forma dell'indentazione con una prova sperimentale. Ai noduli di grafite è stato assegnato un modello elastico lineare, investigando diverse proprietà elastiche, sia isotrope che anisotrope. L'interfaccia grafite-metallo è stata modellata con una coppia di contatto unilaterale con attrito infinito.

Prima dell'applicazione del carico, è stato simulato uno step di raffreddamento, in modo da riprodurre lo stato di tensioni residue che si sviluppa attorno ai noduli a causa dei diversi coefficienti di dilatazione termica di metallo e grafite. Dalle simulazioni sono state ottenute le curve sforzo-deformazione in diverse condizioni biassiali, e i risultati sono stati confrontati con gli esperimenti riportati in Benedetti et al. [1]. Dalle simulazioni sono state estratte le curve sforzo-deformazione e lo snervamento è stato valutato con il metodo dell'offset sulla deformazione plastica equivalente di Von Mises.

3. Risultati

Dalle diverse simulazioni biassiali è emerso che il contatto unilaterale è in grado di captare accuratamente l'asimmetria trazione-compressione nella resistenza a snervamento del materiale. Infatti, l'interfaccia tra nodulo e matrice viene aperta sotto carichi di trazione e quindi la rigidità del nodulo diventa trascurabile. Al contrario, aumentando l'intensità dello sforzo principale di compressione, il contatto viene chiuso e, grazie alla impossibilità di compenetrazione tra i corpi, il nodulo riesce a reggere una frazione del carico applicato, scaricando la matrice e aumentando lo snervamento macroscopico.

L'influenza delle proprietà della grafite sul dominio di snervamento cresce aumentando l'intensità dello sforzo principale di compressione, marcando come i noduli sono responsabili dell'asimmetria. La minore differenza con i risultati sperimentali viene rilevata modellando la grafite come un solido elastico anisotropo, simulando la struttura a "cipolla" del nodulo. Inoltre, le tensioni residue derivate dal raffreddamento hanno l'effetto di ritardare il distacco dei noduli dalla matrice, ritardando leggermente lo snervamento e migliorando l'accuratezza del modello.

4. Conclusioni

Lo studio fornisce un modello FEM micromeccanico adatto a rappresentare il comportamento di una ghisa sferoidale sotto carichi multiassiali. I principali risultati sono riportati di seguito:

- La deviazione dal criterio di Von Mises risiede nella natura eterogenea della microstruttura della ghisa sferoidale.

- I noduli di grafite e il comportamento dell'interfaccia sono responsabili dell'asimmetria nella resistenza allo snervamento.
- Il modello di grafite anisotropa, in combinazione con le tensioni residue, fornisce la migliore accuratezza con i risultati sperimentali.

Riferimenti

[1] M. Benedetti, T. Curtolo, M. Dallago, V. Fontanari, D. Lusuardi, Yield and fracture loci for a ductile cast iron EN-GJS-600-3 under biaxial stresses, *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct.* 45 (2022) 783–800. <https://doi.org/10.1111/ffe.13633>.

Primary authors: FESTI, Lorenzo (Università di Trento); BENEDETTI, Matteo (Università di Trento)

Co-authors: LUSUARDI, Danilo (Fonderie Ariotti); PEDRANZ, Matteo (Fonderie Ariotti); DALLAGO, Michele (Università di Trento); FONTANARI, vigilio (Università di Trento)

Presenter: FESTI, Lorenzo (Università di Trento)

Session Classification: Modellazione

Track Classification: Modellazione