



Fatica torsionale di ghise sferoidali: competizione poro-intaglio e ruolo della tenacizzazione da factory roof

Wednesday 2 September 2026 16:30 (15 minutes)

1. Obiettivi

Il lavoro propone l'estensione di due recenti contributi sulla competizione intaglio-poro nelle ghise sferoidali EN-GJS-600-3 all'analisi del comportamento a fatica in torsione alternata ($R=-1$). In stato di sollecitazione assiale è stato dimostrato come l'interazione tra micro-shrinkage porosity e concentrazioni di tensione geometriche possa essere descritta integrando tomografia X-ray (CT), statistica dei valori estremi (EVS) e criterio a densità di energia di deformazione (SED), consentendo di prevedere la transizione da regime pore-dominated a notch-dominated. Parallelamente, l'approccio Effective Critical Plane (ECP) ha mostrato elevata accuratezza nella valutazione della resistenza a fatica multiasse di componenti intagliati, includendo effetti di non proporzionalità e volume di processo.

Obiettivo del presente contributo è: (i) estendere il framework EB-HSV/SED all'interazione poro-intaglio in torsione; (ii) integrare l'approccio ECP per descrivere correttamente lo stato tensionale multiasse al piede d'intaglio; (iii) identificare sperimentalmente l'istante di primo innesco della cricca in torsione monitorando l'emissione acustica (AE) durante il regime di carico ciclico, con particolare attenzione all'effetto di tenacizzazione derivante dalla morfologia factory roof delle superfici di propagazione dei difetti di fatica.

2. Metodi

Sono stati testati provini cilindrici con intaglio a V (raggio al fondo 0.2 mm) e angolo di apertura variabile ($2\alpha = 60^\circ-180^\circ$) in torsione $R = -1$. La popolazione di microporosità è stata caratterizzata tramite CT metrologica e modellata mediante distribuzione dei massimi valori estremi (LEVD), stimando il difetto atteso nel volume altamente sollecitato definito in termini energetici (EB-HSV).

L'effetto dell'intaglio è stato valutato tramite un'analisi FEM lineare elastica, mediando la densità di energia su un volume di controllo di raggio R_i calibrato sul materiale. In parallelo, è stato implementato l'approccio di Piano Critico Efficace (Smith-Watson-Topper e Fatemi-Socie mediati su volume di controllo) per descrivere lo stato multiasse locale in torsione.

L'interazione poro-intaglio è stata risolta iterativamente determinando il fattore di concentrazione a fatica combinato $K_{f,PN}$, in funzione del difetto estremo atteso nel EB-HSV.

Durante le prove torsionali è stata monitorata l'emissione acustica ad alta frequenza per identificare il primo evento di nucleazione della cricca. Il confronto tra soglia AE e limite di fatica nominale ha consentito di separare la fase di nucleazione da quella di propagazione iniziale, quantificando l'eventuale contributo di tenacizzazione associato alla morfologia factory roof tipica del carico torsionale.

1. Risultati I risultati evidenziano una transizione progressiva tra tre regimi:
2. Pore-dominated, per grandi angoli di apertura ($2\alpha \geq 170^\circ$), dove l'EB-HSV è elevato e il difetto estremo governa l'innesco;
3. Regime misto poro-intaglio, per $140^\circ \leq 2\alpha \leq 160^\circ$, con interazione parziale;
4. Notch-dominated, per $2\alpha \leq 100^\circ$, dove l'innesco è controllato dal campo di tensione locale.

In torsione si osserva un comportamento differente rispetto al carico assiale: per intagli severi la resistenza a fatica risulta superiore alle previsioni puramente elastiche. L'analisi AE mostra che l'innesco della cricca avviene a livelli di carico inferiori rispetto al cedimento finale, indicando un significativo contributo di rallentamento della propagazione iniziale.

Le osservazioni frattografiche confermano la presenza di morfologia factory roof, con evidenza di contatto e abrasione ciclica delle superfici di frattura. Tale fenomeno induce una riduzione efficace dell'intensità locale di tensione di taglio fuori piano (Mode III), traducendosi in un apparente effetto di notch strengthening in torsione. Il modello integrato EB-HSV + ECP riproduce correttamente l'andamento sperimentale del limite a 5×10^6 cicli al variare dell'angolo 2α , inclusa la zona di crossover tra regime poro e regime intaglio.

5. Conclusioni

Lo studio dell'interazione poro-intaglio condotto su provini sollecitati in torsione ha permesso di:

- prevedere quantitativamente la transizione tra regimi di innesco;
- integrare effetti di sollecitazione multiassiale tramite il Piano Critico Efficace;
- distinguere sperimentalmente le fasi di nucleazione e di propagazione corta mediante emissione acustica;
- evidenziare il ruolo della tenacizzazione da factory roof nel ridurre la sensibilità all'intaglio in torsione.

Il lavoro fornisce un metodo fisicamente fondato e orientato al progetto per la valutazione a fatica di componenti in ghisa sferoidale soggetti a torsione in presenza di microporosità e discontinuità geometriche.

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

Co-authors: Dr PEDRANZ, Matteo (Fonderie Ariotti); Mr LUSUARDI, Danilo (Fonderie Ariotti); Prof. FRENDI, Francesco (Università di Pisa); Dr CHIOCCA, Andrea (Università di Pisa); Prof. FONTANARI, Vigilio (Università di Trento)

Presenter: Mr FESTI, Lorenzo (Università di Trento)

Session Classification: Fatica e Frattura

Track Classification: Fatica e Frattura