



ID contributo: 30

Tipo: Presentazione orale

Un approccio statistico basato sulla teoria della distanza critica per valutare l'effetto delle porosità e della rugosità superficiale per provini di Inconel 718 ottenuti tramite tecnica LPBF

mercoledì 3 settembre 2025 15:00 (15 minuti)

1. Obiettivi

La produzione tramite manifattura additiva, in particolare la tecnica di fusione a letto di polvere, ha permesso negli ultimi anni la realizzazione di componenti metallici di forma complessa. Tra i vari materiali utilizzabili, l'Inconel 718 ha dimostrato una vasta impiegabilità grazie alle sue ottime proprietà di resistenza meccanica ed alla corrosione. Queste proprietà vengono mantenute anche alle alte temperature fino a circa 700°C. I componenti metallici prodotti tramite questa tecnica presentano, tuttavia, asperità superficiali e porosità interne che influenzano negativamente la loro resistenza meccanica ed in particolare la resistenza a fatica. L'obiettivo del seguente lavoro consiste nel proporre un modello statistico, basato sull'utilizzo della teoria della distanza critica, per calcolare i coefficienti di concentrazione delle tensioni a fatica K_f dovuti alle valli di rugosità ed alle porosità interne.

2. Metodi

Sono state impiegate tre geometrie di provini: una liscia senza intaglio, una con intaglio blando nominalmente pari a 1 mm ed una con intaglio severo e nominalmente pari a 0.2 mm. In aggiunta, tutti i provini con intaglio severo, metà dei provini con intaglio blando e metà dei provini lisci sono stati lavorati al tornio per ridurre la rugosità superficiale. Sono state dunque ottenute due condizioni superficiali, una definita "as-built" e l'altra definita "machined" in seguito alla lavorazione per asportazione di truciolo. In seguito ai test a fatica, effettuati con un rapporto di carico $R=0.05$, i risultati sperimentali dei provini machined con intaglio blando e severo sono stati utilizzati per il calcolo della distanza critica e della resistenza intrinseca a fatica in accordo ai metodi della linea e del punto. I provini lisci machined non sono stati impiegati per il calcolo della distanza critica dato che le analisi frattografiche hanno rilevato la presenza di porosità in corrispondenza delle zone di iniziazione della cricca. Il microscopio ottico, in seguito a delle sezioni perpendicolari all'asse, è stato utilizzato per caratterizzare il diametro e la distanza dalla superficie esterna delle porosità dei provini. Queste due grandezze sono state analizzate con le distribuzioni di probabilità di Gumbel, valori estremi generalizzata e esponenziale. La morfologia superficiale dei provini lisci (machined e as-built) e con intaglio blando (as-built) è stata, invece, caratterizzata grazie all'utilizzo di un profilometro ottico. I risultati ottenuti sono stati utilizzati per implementare simulazioni ad elementi finiti, in particolare simulazioni 3D per quanto riguarda i pori e simulazioni 2D con elementi piani assialsimmetrici per i profili di rugosità superficiale. I valori di K_f ottenuti dalle simulazioni in accordo al metodo della linea ed al metodo del punto sono stati analizzati con la distribuzione di probabilità di Gumbel ed i valori al 99% di probabilità sono stati calcolati.

3. Risultati

I provini lisci ed i provini con intaglio blando sono stati impiegati per validare la procedura proposta. Il K_f totale per i provini lisci machined e as-built è stato calcolato come il prodotto tra i valori al 99% di probabilità dei K_f dovuti ai pori ed alla rugosità. La scelta di effettuare il prodotto, oltre che cautelativa, è stata motivata dalle analisi frattografiche che hanno dimostrato una interazione tra pori e valli di rugosità superficiali nelle zone di iniziazione della cricca. I valori di K_f dovuti ai pori sono stati considerati identici nei provini lisci machined e as-built considerata la limitata influenza della tornitura sulle porosità interne. Lo stesso ragionamento è stato implementato nel caso dei provini as-built con intaglio blando, mentre il solo K_f dovuto ai pori è stato considerato influente per la resistenza a fatica dei provini machined con intaglio blando. I valori numerici dei K_f dovuti alle valli di rugosità sono risultati in definitiva superiori rispetto ai corrispondenti valori ottenuti

dalle porosità.

4. Conclusioni

La resistenza a fatica dei provini lisci e intagliato blando (machined e as-built) è stata valutata in termini di tensione alternata e numero di cicli a rottura e tramite il metodo della linea ed il metodo del punto. I risultati ottenuti tramite il metodo della linea hanno dimostrato una maggiore compatibilità con i dati sperimentali. Considerato l'alto gradiente di tensione assiale dovuto alle valli di rugosità, la spiegazione di quanto ottenuto è stata motivata considerando che il punto individuato per il calcolo del Kf dovuto alla rugosità superficiale si è trovato al di fuori della zona iniziale ad alto gradiente. Questo ha dunque portato ad una sottostima dei valori di Kf. La metodologia calibrata e proposta nel seguente lavoro verrà in seguito validata dagli autori anche per provini di Inconel 718 ottenuti tramite manifattura additiva e con l'impiego di polvere ottenuta da processi di riciclo.

Autori principali: ROMANELLI, Lorenzo (Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale Università di Pisa); Prof. SANTUS, Ciro (Università di Pisa); Dr. MACORETTA, Giuseppe (Università di Pisa); Prof. BARSANTI, Michele (Università di Pisa); Prof. MONELLI, Bernardo Disma (Università di Pisa); Sig. SENEGAGLIA, Ivan (Università di Pisa); Prof. LUTEY, Adrian Hugh Alexander (Università di Parma); Dr. RAJAEINAJAFABADI, Hossein (Università di Trento); Prof. MENAPACE, Cinzia (Università di Trento); BENEDETTI, Matteo (Università di Trento)

Relatore: ROMANELLI, Lorenzo (Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale Università di Pisa)

Classifica Sessioni: Additive Manufacturing

Classificazione della track: Additive Manufacturing