

Verso una valutazione non distruttiva delle proprietà meccaniche di Ti6Al4V-ELI poroso mediante misure di diffusività termica

Wednesday 2 September 2026 18:15 (15 minutes)

La presenza di porosità diffusa nelle leghe di titanio può essere sfruttata per ridurre la densità e modulare la rigidità del materiale, ma comporta inevitabilmente una degradazione delle proprietà meccaniche, quali modulo elastico, tensione di snervamento e resistenza ultima a trazione. La quantificazione di tale degrado è generalmente affidata a prove distruttive o ad analisi microstrutturali locali, che risultano difficilmente applicabili come strumenti rapidi di controllo su componenti o semi-lavorati. In questo lavoro si propone l'impiego della termografia laser pulsata in configurazione a riflessione come tecnica non distruttiva per valutare il degrado meccanico indotto da porosità diffusa in campioni di Ti6Al4V-ELI prodotti mediante percorsi di lavorazione allo stato solido.

L'obiettivo dello studio è verificare se la diffusività termica misurata sperimentalmente possa essere utilizzata come indicatore indiretto, mediato sul volume investigato, della presenza di porosità e della conseguente riduzione delle proprietà meccaniche. A tale scopo sono stati analizzati campioni di Ti6Al4V-ELI ottenuti mediante Hot Isostatic Pressing e successivamente sottoposti a trattamento di solid-state foaming, in modo da introdurre livelli controllati di porosità diffusa. Le misure termografiche sono state eseguite mediante eccitazione laser localizzata e acquisizione della risposta termica superficiale con una termocamera a infrarossi ad alta frequenza. La diffusività termica nella direzione dello spessore è stata stimata attraverso l'analisi del transitorio termico mediato spazialmente nella regione riscaldata. Successivamente, le stesse aree ispezionate mediante termografia sono state caratterizzate metallograficamente, al fine di determinare il livello medio di porosità e verificare la distribuzione dei pori.

I risultati mostrano che, nella condizione iniziale a bassa porosità, i valori di diffusività termica dei campioni risultano sostanzialmente confrontabili, indicando che livelli sub-percentuali di porosità non producono variazioni apprezzabili con la procedura adottata. Dopo il trattamento di solid-state foaming, invece, si osserva una riduzione chiara e sistematica della diffusività termica, coerente con l'aumento della porosità media misurata mediante analisi metallografica. In particolare, i campioni con maggiore contenuto di porosità mostrano valori inferiori di diffusività, confermando la sensibilità della risposta termofisica alla discontinuità della matrice metallica e alla riduzione dei percorsi efficaci di conduzione termica.

Sulla base dei dati sperimentali è stata proposta una correlazione empirica tra diffusività termica normalizzata e porosità media. Tale relazione è stata poi combinata con correlazioni disponibili in letteratura tra porosità e proprietà meccaniche per la stessa lega e per processi produttivi analoghi, ottenendo un quadro interpretativo che consente di stimare indirettamente modulo elastico, tensione di snervamento e resistenza ultima a partire da misure termografiche non distruttive. L'approccio proposto non sostituisce le prove meccaniche di calibrazione, ma suggerisce la possibilità di utilizzare la diffusività termica come parametro rappresentativo del degrado meccanico medio associato alla porosità diffusa.

In conclusione, la termografia laser pulsata si dimostra una metodologia promettente per la caratterizzazione non distruttiva di leghe di titanio porose, fornendo un'informazione quantitativa legata non solo allo stato termofisico del materiale, ma anche alle sue prestazioni meccaniche attese. Il metodo appare particolarmente interessante per applicazioni di controllo qualità, ottimizzazione di processo e verifica dell'uniformità spaziale delle proprietà su componenti prodotti mediante tecniche basate su polveri o trattamenti allo stato solido. Ulteriori sviluppi saranno orientati all'estensione della calibrazione su un numero maggiore di livelli di porosità e alla validazione mediante prove meccaniche dirette sugli stessi stati del materiale.

Primary author: DELL'AVVOCATO, Giuseppe (Università degli studi dell'Aquila)

Co-authors: CUSANNO, Angela (Politecnico di Bari); Dr BISON, Paolo (Institute of Construction Technologies (CNR-ITC), National Research Council of Italy –35127, Padua, Italy); Dr ROSSI, Stefano (Institute of Construction Technologies (CNR-ITC), National Research Council of Italy –35127, Padua, Italy); Prof. GUGLIELMI, Pasquale (Università degli studi della Basilicata, Engineering Department, Campus di Macchia Romana Via dell’Ateneo Lucano, 10 –85100, Potenza, Italy); CICCARELLA, Anastasia (Università degli studi dell’Aquila); MANCINI, Edoardo (Università degli Studi dell’Aquila); Dr FERRARINI, Giovanni (Institute of Construction Technologies (CNR-ITC), National Research Council of Italy –35127, Padua, Italy)

Presenter: DELL’AVVOCATO, Giuseppe (Università degli studi dell’Aquila)

Session Classification: Metodi Energetici

Track Classification: Metodi Energetici