

Monitoraggio strutturale di laminati in composito mediante tecniche di machine learning applicate a misure elettriche

Wednesday 2 September 2026 12:45 (15 minutes)

Introduzione

I compositi a matrice polimerica rinforzati con fibre continue si distinguono per le loro eccellenti proprietà meccaniche, ma, nonostante il vasto potenziale applicativo, la loro adozione su larga scala è tuttora vincolata da sfide tecniche irrisolte, specialmente riguardo ai meccanismi di rottura. La natura dei cedimenti tipici di questi laminati ne rende complesso il monitoraggio e incerta la valutazione dell'integrità strutturale. Tali limitazioni ne frenano l'impiego in settori strategici dove la sicurezza dell'utente è prioritaria, accrescendo l'esigenza di protocolli predittivi e sistemi di monitoraggio (SHM) affidabili. In questo contesto, hanno acquisito rilevanza le tecniche che correlano il degrado del materiale alle variazioni delle sue proprietà elettriche, definendo modelli capaci di interpretare l'incremento della resistenza elettrica in funzione dell'estensione del danno.

In letteratura il modello proposto da Zappalorto et al. [1] offre, a partire dalle proprietà di rigidità e di conducibilità elettrica del materiale, la possibilità di predire la perdita di rigidità di un laminato al manifestarsi di danneggiamento. In particolare, a partire dalla misura dell'aumento di resistenza elettrica, misurata sul piano nella direzione di carico, e nota la distanza media tra le cricche trasversali, nonché l'estensione media della delaminazione, è possibile calcolare la variazione di rigidità. Tale metodo richiede quindi una misura quantitativa dell'estensione del danno, o limita l'utilizzatore alla conoscenza di un intervallo entro cui la proprietà indagata varia in funzione della variazione di resistenza elettrica.

Obiettivo del lavoro

Per cercare di fornire un'alternativa alla misurazione quantitativa del danno, gli autori di questo lavoro hanno impiegato una seconda misurazione della variazione di resistenza elettrica nel laminato, ovvero quella attraverso lo spessore, per sviluppare un metodo in grado di stimare la variazione di rigidità.

Metodo

L'equazione proposta da Zappalorto et al. [1] è stata combinata a mezzo di tecniche di machine learning con le misurazioni di resistenza elettrica attraverso lo spessore, facendo leva su un dataset creato tramite analisi alle differenze finite su configurazioni molteplici di danno. Risulta quindi possibile sviluppare un interpolatore che lega l'estensione del danno espresso secondo i parametri individuati dal modello analitico con la variazione di conducibilità elettrica sia nella direzione di carico (come da modello analitico) che attraverso lo spessore (da dataset numerico), consentendo quindi di stimare tali parametri di danno ed impiegarli nell'equazione analitica della perdita di rigidità.

Risultati e conclusione

L'analisi dimostra la fattibilità della soluzione proposta, evidenziando come la misura della variazione di resistenza elettrica attraverso lo spessore, in combinazione con quella lungo la direzione di carico, permetta una previsione della perdita di rigidità del componente. Emerge inoltre come tale tecnica presenti una efficacia che varia con le proprietà della configurazione in esame, e che quindi il suo impiego nella pratica applicativa richieda una qualifica preliminare.

Bibliografia

[1] Zappalorto, M., Carraro, P. A., & Quaresimin, M. (2022). Modelling the correlation between the electrical resistance and stiffness degradation in conductive composite laminates with complex damage scenarios. *Composite Structures*, 280, 114914.

Primary authors: PONTEFISSO, Alessandro (Università di Padova); Dr GUIDOLIN, Mattia (Università di Padova); Prof. REGGIANI, Monica (Università di Padova); ZAPPALORTO, Michele (Università degli Studi di Padova- Dipartimento di Tecnica e Gestione dei sistemi industriali)

Presenter: PONTEFISSO, Alessandro (Università di Padova)

Session Classification: Compositi

Track Classification: Materiali Compositi