



ID contributo: 17

Tipo: **Presentazione orale**

Sistema SHM con nanofibre piezoelettriche per il rilevamento e la localizzazione di impatti in strutture in composito

giovedì 4 settembre 2025 10:00 (15 minuti)

L'industria aerospaziale sta attraversando una trasformazione significativa, passando dalle tradizionali leghe metalliche ai compositi in fibra di carbonio nella costruzione degli aeromobili. Questa transizione mira a migliorare le prestazioni e ridurre il peso, in risposta all'aumento dei costi del carburante e alle rigorose normative ambientali. Nonostante i loro vantaggi, i materiali compositi presentano sfide uniche, in particolare per quanto riguarda la resistenza ai danni e la loro rilevazione. A differenza dei metalli, i cui meccanismi di cedimento sono ben compresi e principalmente legati alla formazione di cricche da fatica, i materiali compositi mostrano comportamenti di danno più complessi, tra cui danni da impatto difficilmente visibili. Questo tipo di danno, come la delaminazione, può compromettere gravemente la resistenza a compressione e l'integrità strutturale, portando potenzialmente a guasti catastrofici.

I sistemi di Structural Health Monitoring (SHM) offrono una soluzione promettente a queste sfide, integrando la rilevazione dei danni direttamente a bordo. Mentre le ispezioni tradizionali e le tecniche di valutazione non distruttiva (ad esempio ultrasuoni, radiografia e termografia) richiedono il fermo operativo dell'aeromobile, i sistemi SHM consentono un monitoraggio in tempo reale, migliorando la sicurezza e riducendo le interruzioni operative. Gli attuali sistemi SHM utilizzano tipicamente sensori montati in superficie o incorporati nei laminati compositi. Tuttavia, i sensori montati in superficie sono soggetti a degradazione ambientale, mentre quelli incorporati possono influenzare negativamente le proprietà meccaniche del laminato.

Le ceramiche piezoelettriche, come il titanato di piombo e zirconio (PZT), sono ampiamente utilizzate per la localizzazione degli impatti grazie alla loro elevata sensibilità alle onde elastiche. Tuttavia, la loro fragilità comporta il rischio di innesco di cricche quando vengono incorporate nei compositi. La fibra di Bragg, sebbene efficace nella misurazione delle deformazioni e nella rilevazione degli impatti, genera concentrazioni di tensione quando interposta trasversalmente alle fibre. Per superare queste limitazioni, i polimeri piezoelettrici, come il fluoruro di polivinilidene (P(VDF)), hanno attirato attenzione per la loro tenacità e facilità di lavorazione. In particolare, il poli(fluoruro di vinilidene-trifluoroetilene) (P(VDF-TrFE)) è stato utilizzato per monitorare l'evoluzione del danno e della fatica quando interposto sotto forma di film all'interno dei laminati compositi.

Questo studio propone l'integrazione di nanofibre di P(VDF-TrFE), fabbricate mediante elettrofilatura, nei laminati rinforzati con fibra di carbonio (CFRP) per conferire capacità di sensing. Sfruttando le fibre di carbonio come elettrodi per raccogliere segnali piezoelettrici, le nanofibre consentono la rilevazione della propagazione delle onde elastiche a seguito di un impatto. Algoritmi gaussiani vengono poi impiegati per localizzare l'impatto stimandone la posizione.

Questo approccio innovativo introduce una nuova classe di laminati compositi senzienti per il monitoraggio delle emissioni acustiche, con effetti trascurabili sulle proprietà meccaniche. Il design proposto sfrutta le caratteristiche uniche delle nanofibre di P(VDF-TrFE) per migliorare la tenacità e consentire la rilevazione degli impatti in tempo reale attraverso l'analisi della propagazione delle onde elastiche. Grazie all'uso di algoritmi probabilistici per la localizzazione dell'impatto, questa soluzione mira a fornire una strategia poco invasiva e scalabile per il Structural Health Monitoring nelle applicazioni aerospaziali.

Autore principale: Sig. TERNELLI, Tommaso (Dipartimento di ingegneria industriale - Università di Bologna)

Coautore: Sig. ZUCCHELLI, Andrea (Dipartimento di ingegneria industriale - Università di Bologna); Sig. MACCAFERRI, Emanuele (Dipartimento di Chimica Industriale - Università di Bologna); Sig.ra ZONZINI, Federica (Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione - Università di Bologna); Sig. MONGIOÌ, Francesco (Dipartimento di ingegneria industriale - Università di Bologna); Sig.ra MAZZOCCHETTI, Laura (Dipartimento di Chimica Industriale - Università di Bologna); Sig. DE MARCHI, Luca (Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione - Università di Bologna); Sig. BETTINI, Paolo (Dipartimento di Scienze Tecnologiche e Aerospaziali - Politecnico di Milano); Sig. PALAZZETTI, Roberto (Dipartimento di Meccanica - Politecnico di Milano); Sig. BRUGO, Tommaso Maria (Dipartimento di ingegneria industriale - Università di Bologna)

Relatore: Sig. TERNELLI, Tommaso (Dipartimento di ingegneria industriale - Università di Bologna)

Classifica Sessioni: Meccanica dei Materiali

Classificazione della track: Meccanica dei Materiali