



Vernice meccanoluminocromica intelligente per il rilevamento d'impatti su strutture composite

venerdì 5 settembre 2025 11:45 (15 minuti)

L'impiego di materiali compositi nelle applicazioni aerospaziali pone una sfida significativa in termini di suscettibilità ai carichi d'impatto. Per affrontare questo problema, sono stati sviluppati diversi sistemi di monitoraggio della salute strutturale (SHM) al fine di rilevare gli impatti e monitorare l'integrità strutturale del laminato. Tuttavia, queste tecniche generalmente richiedono l'inserimento di sensori all'interno del laminato composito durante il processo di fabbricazione o in seguito mediante incollaggio sulla struttura. I trasduttori più impiegati sono i reticoli di Bragg o piezoelettrici ceramici che, a causa della loro intrinseca fragilità, possono avere effetti negativi sulle proprietà meccaniche del laminato ospitante. Inoltre, i segnali generati dai sensori, distribuiti in tutta la struttura, devono essere raccolti da un dispositivo elettronico a bordo, per poi essere elaborati. Ciò pone sfide nelle connessioni, siano esse ottiche, elettriche o wireless, a causa dei connettori ingombranti, dei cavi intricati o delle interferenze elettromagnetiche, che possono avere un impatto negativo sull'integrità strutturale, sul peso, sul processo di fabbricazione, sull'affidabilità del sistema SHM e sui costi. In questo scenario, i cristalli MechanoLuminoChromic (MLC) possono essere di grande interesse poiché possono modificare il loro spettro di emissione in risposta a uno stimolo meccanico. Tuttavia, l'applicazione pratica degli MLC tal quali è limitata dalle loro scarse proprietà meccaniche. In questo lavoro, un additivo MLC viene disperso in una matrice polimerica per fabbricare una vernice intelligente, che combina le caratteristiche di entrambi i componenti: il meccanoluminocromismo dell'additivo e la facile lavorabilità e le proprietà meccaniche dei polimeri. Il rivestimento intelligente risultante appare blu sotto la luce UV nel suo stato incontaminato (non danneggiato), mentre il colore di emissione diventa verde dopo compressione, impatto e graffi. Il suo colore sotto luce visibile invece non cambia dopo il danno. Pertanto, consente il rilevamento dell'impatto a campo pieno sulla struttura composita su cui è applicato tramite illuminazione con luce UV (senza influenzare le proprietà estetiche del componente alle frequenze della luce visibile). In particolare, l'additivo MLC, un polimero di coordinazione ibrido a base di Cu (HCP), è stato disperso in una vernice epossidica termoindurente. Il rivestimento intelligente è stato quindi applicato su laminati in plastica rinforzata con fibra di carbonio (CFRP) a strati incrociati mediante verniciatura a spruzzo. Le piastre composite sono state quindi sottoposte a impatto a bassa velocità (LVI) a diversi livelli di energia mediante torre di caduta strumentata, producendo danni non / appena visibili (BVD). I campioni sono stati successivamente illuminati con una torcia UV e le immagini sono state acquisite tramite una fotocamera digitale. Le immagini sono state post-elaborate da algoritmi sviluppati in Matlab e il rapporto verde/blu è stato correlato alla forza di impatto massima registrata dalla cella di carico montata sull'impattore. Inoltre, il danno sviluppato all'interno del laminato è stato valutato mediante analisi micrografica della sezione trasversale e correlato alla risposta dello spettro del meccanoluminocromismo. In conclusione, la vernice MLC sviluppata consente una tecnica di ispezione non distruttiva (NDI) altamente efficiente, conveniente e facilmente implementabile per la valutazione dei danni da impatto su strutture composite. Inoltre, la potenziale integrazione con sistemi di visione artificiale in tempo reale risulta una promettente strategia SHM per il rilevamento dell'impatto.

Autore principale: BRUGO, Tommaso Maria (University of Bologna - DIN)

Coautore: Prof. ZUCHELLI, Andrea (Dipartimento d'Ingegneria Industriale - Università di Bologna); Prof. GUALANDI, Chiara (Dipartimento di Chimica - Università di Bologna); Prof. GENOVESE, Damiano (Dipartimento di Chimica - Università di Bologna); Sig.na CONTINI, Emma (Dipartimento di Chimica - Università di Bologna); Sig. MONGIOÌ, Francesco (Dipartimento d'Ingegneria Industriale - Università di Bologna); Sig.

GATTI, Lorenzo (Dipartimento di Chimica - Università di Bologna); Prof. MAINI, Lucia (Dipartimento di Chimica - Università di Bologna); Sig. TERNELLI, Tommaso (Dipartimento d'Ingegneria Industriale - Università di Bologna)

Relatore: BRUGO, Tommaso Maria (University of Bologna - DIN)

Classifica Sessioni: Meccanica dei Materiali

Classificazione della track: Meccanica dei Materiali