

Modellazione agli elementi finiti basata sulla microstruttura di compositi Carbon Forged a fibra corta: risposta meccanica e comportamento piezoresistivo.

Friday 4 September 2026 12:30 (15 minutes)

Il presente lavoro riguarda la caratterizzazione sperimentale e la modellazione numerica di un composito a fibra di carbonio lunga discontinua, prodotto internamente e assimilabile a un sistema Carbon Forged/SMC. L'obiettivo principale è valutare la risposta piezoresistiva del materiale e sviluppare un modello agli elementi finiti in grado di rappresentarne l'eterogeneità mesostrutturale, con particolare attenzione alla distribuzione locale delle fibre e alla loro influenza sulla risposta meccanica.

La campagna sperimentale è stata condotta mediante prove di trazione in controllo di spostamento, integrando misure di campo di deformazione tramite Digital Image Correlation e acquisizione simultanea della resistenza elettrica mediante configurazione a due elettrodi. Tale approccio ha permesso di correlare l'evoluzione dello stato deformativo del provino con la variazione normalizzata di resistenza elettrica. In parallelo, analisi di microtomografia a raggi X sono state utilizzate per estrarre informazioni spaziali relative alla frazione volumica locale di fibra e al tensore di orientazione. Questi dati sono stati impiegati per ricostruire numericamente la mesostruttura del materiale e generare automaticamente un modello LS-DYNA basato sull'approccio *CONSTRAINED_BEAM_IN_SOLID, in cui le fibre sono rappresentate mediante elementi beam incorporati nella matrice epossidica, modellata con elementi solidi. Il diametro equivalente dei beam è stato calibrato iterativamente sulla rigidità sperimentale, mentre la rottura delle fibre è stata introdotta tramite una descrizione costitutiva danneggiabile, al fine di evitare sovrastime non fisiche delle tensioni negli elementi di rinforzo.

I risultati sperimentali mostrano, per tutti i provini analizzati, una relazione approssimativamente lineare tra variazione normalizzata di resistenza e deformazione assiale, con fattori di gauge positivi e coerenti. Tale comportamento conferma la possibilità di impiegare il materiale per il monitoraggio dello stato deformativo e dei carichi trasmessi mediante una strumentazione elettrica relativamente semplice. La validazione del modello numerico è stata effettuata confrontando curve forza-spostamento, carichi di rottura, profili sezionali di deformazione lungo la zona utile e modalità di frattura. Il modello riproduce il carico globale di rottura con uno scostamento medio pari a -5,9% e cattura le principali tendenze spaziali dei campi di deformazione misurati sperimentalmente.

In conclusione, il lavoro evidenzia il potenziale dei compositi a fibra di carbonio lunga discontinua come materiali multifunzionali, capaci di combinare prestazioni meccaniche e capacità di auto-monitoraggio piezoresistivo. La metodologia proposta, basata sull'integrazione di prove sperimentali, microtomografia e modellazione mesostrutturale, rappresenta uno strumento utile per la previsione della risposta meccanica di materiali compositi eterogenei. Le discrepanze residue tra modello e prove sono attribuite principalmente alla porosità indotta dal processo produttivo, che non è stata ancora rappresentata esplicitamente nel modello numerico e costituisce un possibile sviluppo futuro.

Primary author: MATTEI, Emanuele (Politecnico di Torino)

Co-authors: Dr CIAMPAGLIA, Alberto (Politecnico di Torino); PAOLINO, Davide S. (Politecnico di Torino - DIMEAS); CIARDIELLO, Raffaele (Politecnico di Torino)

Presenter: MATTEI, Emanuele (Politecnico di Torino)

Session Classification: Compositi

Track Classification: Materiali Compositi