



Contribution ID: 389

Type: **Presentazione orale**

Ottimizzazione Topologica Level-Set di Celle Unitarie Periodiche in 2D e 3D

Thursday 3 September 2026 10:30 (15 minutes)

Le strutture lattice periodiche, rese realizzabili dai recenti progressi nella manifattura additiva metallica, consentono di modulare la rigidezza effettiva di un materiale omogeneo massivo attraverso la geometria della cella unitaria che lo compone. La progettazione di una cella unitaria il cui tensore di rigidezza omogeneizzato corrisponda a valori prescritti, preservando contorni netti e realizzabili e la piena periodicità geometrica, rappresenta un problema inverso ancora aperto. Il presente lavoro adotta un approccio di ottimizzazione topologica level-set per la progettazione di celle unitarie periodiche, sia in due sia in tre dimensioni. L'obiettivo dell'ottimizzazione è la minimizzazione della compliance pesata, preservando rapporti prescritti tra le rigidezze direzionali, con vincolo di frazione volumetrica. L'interfaccia solido-vuoto è rappresentata implicitamente tramite una funzione level-set nodale $\phi(x)$, e l'analisi agli elementi finiti è condotta su una mesh di sfondo fissa mediante integrazione locale per elementi tagliati (cut-element), che restituisce geometrie nette e prive di necessità interpretativa, direttamente idonee alla fabbricazione. La periodicità sia del campo di spostamento sia della variabile di design è imposta accoppiando i nodi delle superfici opposte e mediante un filtro di convoluzione periodico, che richiama i nodi vicini dal lato opposto quando il raggio del filtro eccede il dominio della cella unitaria. Un'analisi dedicata alla ricostruzione dal discreto al continuo della funzione ϕ mostra che l'interpolazione lineare è adeguata per mesh ad alta risoluzione, mentre un'interpolazione trigonometrica diventa necessaria per discretizzazioni grossolane. La medesima formulazione è estesa in modo coerente dalla cella unitaria quadrata 2D alla cella unitaria cubica 3D, con le proprietà ortotrope omogeneizzate (E_{11} , E_{22} , E_{33} , G_{12} , G_{23} , G_{13}) ricavate tramite tre casi di carico indipendenti in 2D e sei in 3D. Lo schema proposto viene confrontato con un'implementazione SIMP standard su problemi identici in 2D e 3D, valutando il comportamento di convergenza, il soddisfacimento del vincolo di volume senza post-processing e la qualità delle interfacce risultanti. Il framework apre la strada all'ottimizzazione multiscala di componenti guidata da target ortotropi omogeneizzati non vincolati.

Primary authors: CAIANI, Angelo (Ferrari S.p.A.); GIACALONE, Mauro (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" - Laboratorio MilleChili); MANTOVANI, Sara (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari")

Presenter: CAIANI, Angelo (Ferrari S.p.A.)

Session Classification: Additive Manufacturing

Track Classification: Additive Manufacturing