



ID contributo: 220

Tipo: **Presentazione orale**

Identificazione di curve costitutive elasto-plastiche mediante indentazione sferica strumentata e algoritmi operator-learning con validazione su provini in acciaio 17-4 PH

giovedì 4 settembre 2025 13:15 (15 minuti)

Obiettivo

L'indentazione sferica strumentata consente potenzialmente di determinare in modo non distruttivo le proprietà meccaniche dei materiali perché offre vantaggi significativi sia per ricerche in ambito accademico e sia per il controllo di qualità in ambito industriale. Il problema inverso associato all'indentazione consiste nel ricavare la legge tensione-deformazione del materiale partendo dall'esito della prova che mette in relazione il carico applicato alle proprietà geometriche dell'impronta, tipicamente la profondità. Tuttavia, tale operazione si dimostra particolarmente complessa. Anche l'operatore diretto, che collega le proprietà del materiale con la risposta all'indentazione, non è esprimibile in forma analitica e l'approccio numerico richiede costose e delicate simulazioni FEM a causa delle forti non linearità geometriche e costitutive coinvolte nel fenomeno. Per il problema inverso, questo studio propone un approccio basato sull'operator-learning e una sua validazione sperimentale.

Metodi

L'operatore diretto viene sostituito da un modello surrogato basato su reti neurali, capace di riprodurre con elevata accuratezza i risultati di una simulazione FEM, ma con un impegno computazionale trascurabile. Il modello surrogato è costruito mediante apprendimento automatico su un vasto database di simulazioni già disponibili per un'unica legge costitutiva. Il problema inverso viene in tal modo risolto invertendo un operatore diretto di più facile calcolo e la curva costitutiva ottenuta risulta indipendente da specifiche parametrizzazioni. L'approccio, già testato con simulazioni numeriche, è applicato a indentazioni effettuate su acciaio 17-4 PH, un materiale particolarmente adatto allo scopo perché caratterizzato da un comportamento plastico altamente isotropo. Le curve costitutive ottenute elaborando indentazioni sferiche strumentate sono confrontate con le curve sigma-epsilon ricavate da prove di trazione standard eseguite su provini estratti da barra con diverse orientazioni.

Risultati

L'approccio proposto dimostra la sua validità e permette di ottenere livelli di accuratezza nella stima della curva costitutiva superiori rispetto ai modelli parametrici attualmente disponibili in letteratura.

Conclusioni

Grazie ai recenti sviluppi degli algoritmi di machine learning e dell'hardware dedicato, è stato ottenuto un significativo miglioramento delle potenzialità dell'indentazione sferica strumentata per la determinazione rapida e non distruttiva delle proprietà costitutive elasto-plastiche dei materiali metallici

Autori principali: BEGHINI, Marco (Università di Pisa); FONTANARI, vigilio (Università di Trento); GROSSI, Tommaso (Department of Civil and Industrial Engineering, University of Pisa); MONELLI, Bernardo Disma (Università di Pisa)

Relatore: GROSSI, Tommaso (Department of Civil and Industrial Engineering, University of Pisa)

Classifica Sessioni: Meccanica dei Materiali

Classificazione della track: Meccanica dei Materiali