



ID contributo: 60

Tipo: **Presentazione orale**

## **Analisi e confronto delle stime teoriche della curva ciclica**

*giovedì 4 settembre 2025 10:15 (15 minuti)*

### **Analisi e confronto delle stime teoriche della curva ciclica**

La conoscenza dettagliata del comportamento ciclico di un materiale è essenziale per la progettazione di componenti sottoposti a carichi affaticanti in campo elasto-plastico. A questo scopo, normalmente si fa riferimento alla curva ciclica, che esprime il legame tra ampiezza della tensione e ampiezza della deformazione in condizioni stabilizzate e che viene usualmente descritta con la relazione di Ramberg-Osgood. Le variabili che compaiono in questa modellazione sono, oltre al modulo di elasticità, l'esponente di incrudimento ciclico  $n'$  e il coefficiente di incrudimento ciclico  $k'$ . I valori di questi ultimi due parametri non sono tuttavia facilmente disponibili in letteratura e, quando necessari per la corretta progettazione di un componente, devono essere determinati sperimentalmente tramite test effettuati su provini unificati, con un aggravio significativo dei costi. Nel corso degli anni, questo fatto ha spinto molti ricercatori a proporre delle stime teoriche dei valori di  $k'$  e  $n'$  a partire da dati sperimentali di prove più diffuse. In letteratura sono infatti presenti diverse relazioni che permettono di valutare i due parametri ciclici sulla base unicamente dai dati della prova monotona di trazione. La rispondenza con i dati sperimentali dei valori così calcolati è però sempre condotta in maniera disaccoppiata, senza considerare cioè il loro effetto combinato sulla stima della curva ciclica. Il lavoro si propone di determinare quale combinazione dei parametri  $n'$  e  $k'$ , stimati con le relazioni reperibili in letteratura, approssima nel miglior modo possibile la curva ciclica sperimentale. L'obiettivo è quindi quello di indagare l'efficacia di stima delle formule teoriche proposte, cercandone di stabilire quantitativamente la loro precisione e l'affidabilità nella valutazione della curva ciclica. L'approccio seguito è di tipo statistico, valutando quantitativamente, sulla base di parametri opportunamente definiti, la rispondenza delle stime con i dati sperimentali provenienti da un database di materiali metallici. Il database è costituito da 338 leghe, in prevalenza leghe di ferro, ma contenente anche leghe di alluminio e titanio. I dati presenti sono relativi ai due parametri della curva ciclica e ai valori di modulo di Young, carico di snervamento e di rottura, deformazione a rottura; per un numero più ridotto di materiali sono noti anche i valori di riduzione di area e di sforzo e deformazione vera a frattura. L'analisi è stata condotta in un intervallo di deformazione compreso tra lo 0,2% (l'inizio della plasticizzazione) e il 2% (vita misurabile in poche decine o centinaia di cicli). Quest'intervallo è stato ridotto nel caso in cui vengano raggiunti i valori di tensione o di deformazione corrispondenti alla rottura. Come parametro comparativo è stato deciso di fare riferimento all'area sottesa dalle rette derivanti dall'equazione della curva ciclica scritta in coordinate logaritmiche in termini di sforzo: l'errore è dato dal rapporto dell'area compresa tra la retta teorica e quella sperimentale con l'area sottesa dalla retta sperimentale. Il valore dell'errore così definito è stato determinato per tutti i materiali del database e per 31 combinazioni dei valori teorici di  $n'$  e  $k'$ . Le distribuzioni di frequenza dell'errore ottenute sono approssimabili in maniera accettabile con delle gaussiane; al fine di una comparazione su larga scala, nel confronto tra le stime della curva ciclica sono stati considerati solo i materiali il cui errore era compreso entro il novantesimo percentile. La rispondenza delle stime teoriche con le curve sperimentali è stata quindi effettuata sulla base dei valori degli ultimi percentili (settantesimo, ottantesimo e novantesimo), ma anche del numero di materiali sui quali è stato possibile svolgere l'analisi.

La stima della curva ciclica con la migliore distribuzione dell'errore è risultata essere valutata solo un campione molto limitato di materiali (circa il 15% di quelli presenti nel database), a causa della mancanza nel database di molti valori relativi alla riduzione di area e di deformazione vera a frattura. Valori soddisfacenti entro il novantesimo percentile sono stati trovati anche per altre tre combinazioni, determinate sull'intero database di materiali. Il buon risultato ottenuto, essendo basato su considerazioni statistiche, dipende fortemente dall'insieme di dati sperimentali considerati (sia statici che ciclici). L'applicazione delle relazioni teoriche a materiali non

inclusi nel database non garantisce quindi l'accuratezza dei risultati; pertanto, se è necessaria un'alta affidabilità è opportuno effettuare appropriate prove sperimentali.

**Autore principale:** ZONFRILLO, Giovanni (Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Firenze)

**Coautore:** VANGI, Dario (Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Firenze); Dr. GULINO, Michelangelo Santo (Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Firenze)

**Relatore:** ZONFRILLO, Giovanni (Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Firenze)

**Classifica Sessioni:** Meccanica dei Materiali

**Classificazione della track:** Meccanica dei Materiali