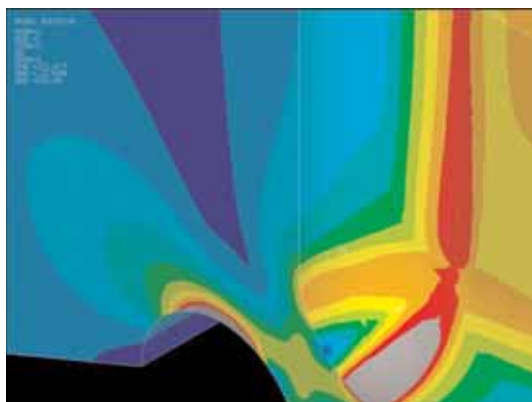


# Simulazione per il motore diesel

**L'approccio stress-based di Goodman predice danneggiamento a fatica non corretto nelle zone maggiormente sollecitate.**



Nello sviluppo di soluzioni progettuali innovative, Cummins, produttore protagonista a livello mondiale nel mercato dei motori diesel, ha adottato un approccio deterministico accurato per la previsione di vita del prodotto, in grado di considerare la complessità dei materiali e delle sollecitazioni. La soluzione attuale incorpora la tecnologia software sviluppata da due aziende specializzate, ed è stata raggiunta grazie ad una stretta collaborazione e condivisione delle competenze.

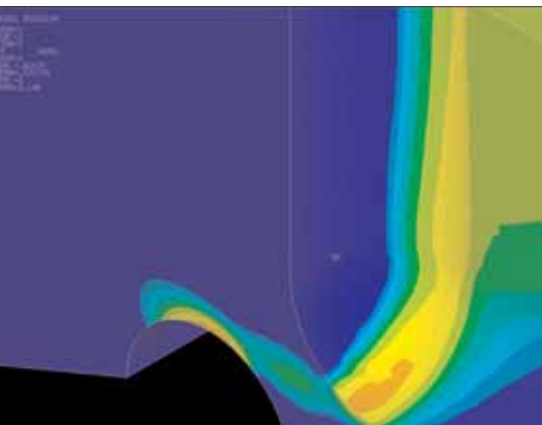
Cummins affronta requisiti di progettazione sempre più stringenti, e tradizionalmente sviluppa soluzioni all'avanguardia: è stata tra i primi a comprendere il potenziale commerciale della tecnologia dei motori diesel e, già prima dell'avvento degli strumenti software commercia-

li, ha sviluppato internamente software per la progettazione termica e strutturale per garantire ai clienti prodotti convenienti, affidabili e durevoli, arrivando così a contare gli attuali oltre 11 miliardi di dollari di vendite annuali.

## Analisi agli elementi finiti

Sul finire degli anni '70 Cummins ha proseguito nel suo approccio pionieristico ed è stata una delle prime aziende ad abbracciare strumenti commerciali per l'analisi agli elementi finiti, adottando il software di analisi meccanico-strutturale di Ansys per le sue caratteristiche e la sua flessibilità. Da allora il rapporto tra le due società è cresciuto, tanto che Cummins è entrata nel Ansys advisory board per oltre un decen-

Cummins, produttore di motori diesel, ha migliorato l'accuratezza della previsione di vita a fatica con i software di simulazione Ansys e fe-safe. Il piano di test comprendeva quattro modelli agli elementi finiti, per consentire di evidenziare aspetti fondamentali della tecnologia di analisi



**I risultati di fe-safe con Ansys Mechanical sono reali** e coincidono con i dati e le esperienze sul campo.

nio. Tuttavia Cummins ha continuato a utilizzare il proprio software sviluppato internamente per quanto riguarda l'analisi a fatica, dati i rigorosi requisiti interni, i diversi approcci teorici e pratici all'analisi a fatica, e la necessità di gestire informazioni proprietarie relativamente a materiali e sollecitazioni. Solo nel 2002, la società si è rivolta a Safe Technology, che ha proposto fe-safe per l'analisi a fatica poiché la partnership esistente tra Ansys e Safe Technology garantisce l'interfacciamento efficiente tra fe-safe e gli strumenti Ansys.

Per verificare le capacità di previsione accurata della vita a fatica da parte di fe-safe, Cummins ha eseguito un sofisticato piano di test per confrontarne i risultati con i dati del software proprietario interno e con i dati di campo reali. Il piano di test comprendeva quattro modelli agli elementi finiti, per consentire di evidenziare aspetti fondamentali della tecnologia di analisi: modello 2-D e stress mono-assiale; modello 3-D e stress bi-assiale; modello completo del blocco motore; modello completo della testa motore.

## Le prove

Gli ingegneri di Cummins hanno sottoposto ciascun modello a una serie di scenari di carico differenti. Il software proprietario si appoggia su un approccio stress-based Goodman avanzato, in cui la previsione di danneggiamento si basa sulle sollecitazioni. Questo tipo di approccio trova una forte limitazione quando si tratta di problemi di fatica oligo-ciclica. La fatica oligo-ciclica considera tipicamente circa 105 cicli di lavoro,

mentre la fatica ad alto numero di cicli ne considera circa 109. Cummins cercava un approccio unico per la previsione di vita dei suoi componenti strutturali, valida per entrambe le analisi low-cycle e high-cycle, e voleva capire se i modelli strain-based impiegati da fe-safe, come l'algoritmo Smith-Watson-Topper (SwT) con correzione di Neuber, fossero adeguati.

Per le situazioni di carico caratterizzate da tensioni di trazione, il software interno ha prodotto risultati in linea con quelli ricavati dall'approccio SwT di fe-safe. Invece nel caso bi-assiale con sollecitazione di compressione, il software interno ha previsto un danneggiamento sensibilmente maggiore rispetto a fe-safe e ai dati di campo, il che si traduce in un progetto sovradimensionato perché eccessivamente conservativo.

I modelli completi di un blocco cilindri e della testa, sottoposti alle condizioni di carico standard, hanno mostrato scostamenti ancor più evidenti. Le sollecitazioni per due condizioni di carico complesse sono state confrontate in oltre 20 punti in cui erano disponibili informazioni sperimentali dettagliate. Mentre il software proprietario interno ha sottostimato il danneggiamento in diverse posizioni (cioè sovra-stimato la previsione di vita del prodotto), i risultati fe-safe si sono rivelati corretti. In particolare, da un esame più attento sui tre punti maggiormente critici è emerso che per i casi con sollecitazione media elevata e ampiezza moderata, i risultati fe-safe sono stati in ottimo accordo con i test e con l'esperienza sul campo.

## I risultati

Gli ingegneri di Cummins hanno così commentato i risultati: mentre il software proprietario interno ha talvolta sovra-stimato, talvolta sotto-stimato la vita dei componenti, i risultati di fe-safe, usato in combinazione con il solutore Fem di Ansys, sono stati in ottimo accordo con i dati in possesso di Cummins.

Anche con modifiche e correzioni, i vecchi approcci stress-based sono limitati rispetto ai moderni metodi strain-based. L'uso del solutore meccanico-strutturale di Ansys in combinazio-

ne con fe-safe permette di aumentare l'affidabilità e ridurre i costi. La comprensione più approfondita del fenomeno della fatica facilita l'innovazione della progettazione.

Un fattore chiave che ha contribuito alla buona riuscita del test è stata la stretta integrazione tra fe-safe e il software Ansys Mechanical. Con fe-safe viene letto il file dei risultati Ansys, vengono assegnate le caratteristiche dei materiali e del ciclo di fatica (combinazioni di gradini di carico), e il danneggiamento per fatica viene calcolato e riscritto in formato .rst di Ansys così da permettere l'immediata visualizzazione in Ansys Mechanical. I risultati possono essere plot-tati come campi di log-life (numero di cicli prima del cedimento) o come fattori di robustezza (o margine di progettazione).



**Motore turbodiesel Cummins 6.7 L 350 hp,** usato sui veicoli pesanti Dodge Ram.

Un altro fattore importante è stata la possibilità di utilizzare librerie personalizzate da parte dell'utente, permettendo con sforzo minimo l'uso dei dati proprietari riguardo alle caratteristiche dei materiali.

## Cosa dire

Con lo sviluppo della piattaforma integrata Ansys Workbench, tutte le analisi strutturali e gli strumenti di modellazione usati da Cummins sono stati introdotti in un unico ambiente, aumentando così l'efficienza e la produttività delle simulazioni. Oggi quasi tutti i componenti dei motori Cummins sono analizzati con Ansys Mechanical, a cui si affianca fe-safe per la previsione di vita a fatica di blocchi e teste cilindri, pistoni, bielle, cuscinetti e altre parti. Questo gioca un ruolo fondamentale nello sviluppo di progetti affidabili e, aiutando a ottenere il design giusto al primo colpo, riduce i costi di sviluppo.

*J. Jones, technical advisor, Cummins, Indiana, Usa.*

[readerservice@fieramilanoeditore.it](mailto:readerservice@fieramilanoeditore.it) n.54