



Tool di Assemblaggio FEM AUTOMATICO per la Progettazione dei Motori

di Massimo Damasio

La metodologia CAE è largamente utilizzata nella progettazione dei motori, nonostante il tempo di turnaround da un modello CAD ai primi risultati sia ancora troppo lungo per considerare tale metodologia efficiente per l'intero processo di progettazione.

Il tempo di turnaround, che va da 4 a 6 settimane per un tipico modello di stress basato su blocco motore, guarnizione, testa e supporti, riduce in modo significativo il numero di variabili e di iterazioni della simulazione per ogni fase di progettazione, al fine di adattare la simulazione al processo di progettazione stesso.

Per integrare totalmente il testing virtuale nel processo di progettazione, è auspicabile uno speed-up di un fattore 10 che possa drasticamente ridurre i tempi di preparazione del modello per la simulazione. A tale scopo viene presentato SimLab, un tool innovativo ed efficace con alcuni esempi implementati proprio con questa tecnologia.

SimLab è l'unico tool software per il CAE progettato principalmente per automatizzare il processo di modellazione di un motore fino a ridurre il tempo di realizzazione del progetto di un fattore 10 rispetto ad un tradizionale sistema di pre/post CAE.

Introduzione

Il motivo che ha portato allo sviluppo del tool di modellazione descritto in questo articolo è la necessità di integrare totalmente il testing virtuale nel processo di progettazione dei motori e di ridurre il tempo di turnaround della simulazione di un fattore 10.

A causa delle crescenti richieste per soddisfare le disposizioni sulle emissioni degli scarichi e la riduzione del consumo di carburante, la necessità di velocizzare la progettazione dei motori e dei componenti collegati, come le scatole del cambio, è sempre crescente. Per ottenere lo speed-up richiesto nella progettazione dei motori, l'uso del testing virtuale deve essere aumentato sia per minimizzare l'impiego della sperimentazione, costosa e con tempi lunghi, sia per un uso puramente di verifica della sperimentazione stessa.

Oggi i metodi CAE sono largamente usati nella progettazione dei motori; in ogni caso il tempo di turnaround da un modello CAD ai primi risultati della simulazione è ancora troppo lungo per utilizzare i metodi CAE in un modo efficace. Il tempo di turnaround può durare da 4 a 6 settimane per un tipico modello orientato al calcolo dello stress, basato su un blocco motore, guarnizione, testa e supporto, modello NVH e componenti collegati.

Questi tempi così lunghi causano una riduzione del numero di variabili di cui si può tenere conto nella fase di adattamento del testing virtuale al processo di progettazione.

Difficoltà degli attuali tool FE-Modelling

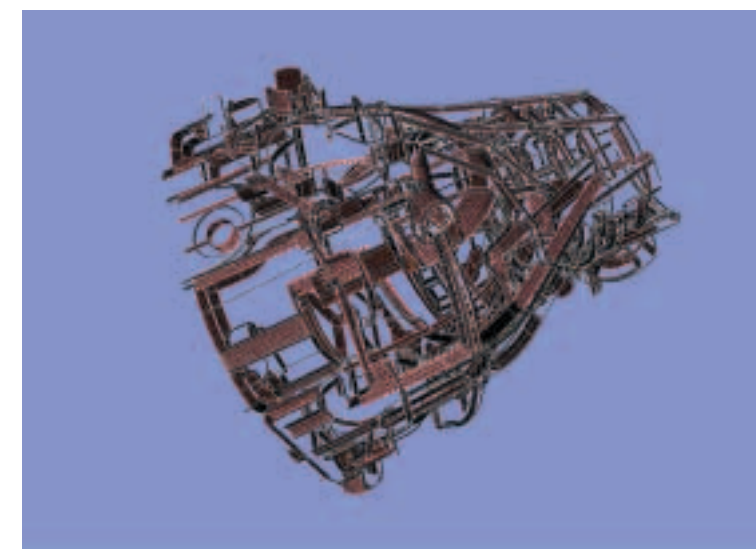
Sul mercato esistono diversi tools di modellazione, *stand-alone* e *embedded* in sistemi CAD. Tutti funzionano più o meno in un modo efficace per la modellazione di componenti fino ad una certa dimensione, ma non sicuramente al livello della simulazione dell'intero sistema, dove la dimensione del modello CAE è decisamente più grande. La maggior parte degli ingegneri impegnati nella simulazione usano più di un software per costruire i loro modelli, proprio per superare le limitazioni dei software esistenti.

Un modello tipico di un motore completo per analisi di stress con blocco motore, guarnizione, testa cilindri, sede valvole etc., potrebbe facilmente arrivare fino a 3 milioni di nodi, in funzione delle tecniche di modellazione.

I tools disponibili attualmente hanno difficoltà a gestire modelli così grandi. D'altra parte, le dimensioni del modello aumenteranno costantemente con la crescita dei dettagli della geometria: questo è un processo in atto sin dalle prime applicazioni di metodi FEM nel processo di progettazione.

Un'altra esigenza per supportare l'uso efficace dei tools CAE per il testing virtuale è la domanda di "catturare" il processo di modellazione dentro il tool CAE stesso, allo scopo di assicurare la ripetibilità del processo. La ripetibilità è un fattore importante, poichè garantisce che le risposte diverse arrivate dalla simulazione sono causate esclusivamente da variazione della geometria, dei materiali, dei carichi etc, ma non da tecniche differenti di modellazione e da metodi differenti di assemblaggio.

È importante assicurare la qualità e la comparabilità del testing virtuale. La maggior parte del tempo per la costruzione dei modelli di simulazione è impiegato per "pulire" il modello CAD, per la realizzazione della mesh e per l'assemblaggio dei vari componenti. Metodi efficaci aggiuntivi sono richiesti anche per l'idealizzazione e la stima dei carichi, della massa e delle proprietà.



◀ Fig. 1 - Mesh del fillet e identificazione

Ultimo, ma non meno importante, è la facilità dell'uso di GUI, obbligatoria per incrementare l'uso di strumenti CAE all'interno della azienda.

Obiettivi di SimLab

Basandosi sulle premesse descritte in precedenza, le più importanti società *automotive*, a partire dal 2003, hanno dato il via ad un'iniziativa per lo sviluppo di un nuovo tool per la modellazione che serve, in primo luogo, a soddisfare le richieste dell'analista nell'ambito della *stress analysis* del motore.

SimLab è un software innovativo "process oriented", "features based" che permette di realizzare Assembly complessi in maniera veloce e accurata.

SimLab automatizza i tasks di modellazione così da ridurre gli errori umani e l'utilizzo di tempo.

SimLab non è un software di Pre/Post processing tradizionale, ma una piattaforma di sviluppo verticale che cattura il processo di realizzazione di un Assembly e lo rende automatico.

La SimLab Corporation è una società americana nata nel 2003 con headquarter in California e uffici dislocati in tutto il mondo.

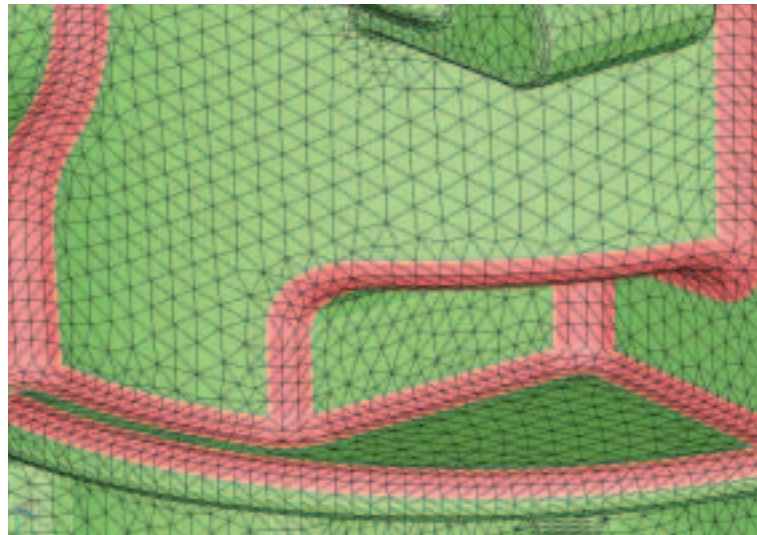
Gli attuali clienti di SimLab worldwide sono Toyota, Nissan, Mazda, Honda, GM, Caterpillar, Bosch, Motorola, AVIO Group, Brembo, Getrag, Boeing, VM Motori, ZF, Volvo.

SimLab deve rispettare i seguenti target:

- ridurre di un fattore 10 o maggiore, il tempo

per realizzare modelli completi per la simulazione

- catturare il processo di realizzazione dei modelli di simulazione direttamente all'interno del *tool* di modellazione. La costruzione dei modelli deve essere ripetibile
- facilità di consultazione e di inserimento dei dati all'interno dell'ambiente PDM del cliente
- costo accessibile per eventuali implementazioni
- facilità di gestione di modelli da 10 milioni di nodi su un *laptop* standard con 2 GB di memoria.



► Fig. 2 - Feature based mesh

Implementazione di SimLab

Date queste premesse, è stato sviluppato SimLab, un *tool* completamente innovativo.

Le peculiarità della metodologia Simlab sono le seguenti:

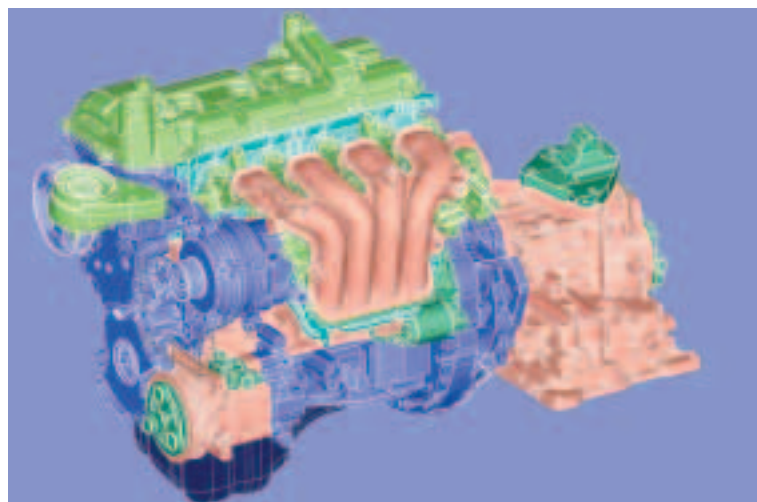
- separazione della geometria CAD e del modello FEM nel *database* per trattare modelli di grandi dimensioni usando le *features* virtuali basate sulla topologia
- *mesh* realizzata direttamente usando la geometria e le *features* del CAD per evitare errori di traslazione di geometria e di importazione
- un motore virtuale topologico è stato sviluppato allo scopo di associare il modello FEM al corrispondente modello CAD.
- realizzazione di un *clean-up* automatico degli errori dei dati CAD all'interno dei menù di *mesh*
- realizzazione di varie tecniche di *mesh* per differenti tipi di analisi:
 - *features "based" meshing* (*fillets*, cilindri, etc.)
 - *mesh* automatica congruente per un efficace assemblaggio dei componenti
 - *mesh* per analisi NVH e analisi di *stress*
 - *batch meshing* basato su identificazione delle *features* CAD.
- *mesh* di alta qualità tramite

un *element quality checker* integrato:

- gli elementi che non passano il test di qualità saranno ri-meshati automaticamente
- un *data management* efficace ed una tecnologia di *viewing* adatta anche a modelli di grandi dimensioni
- *user defined object* per assemblare e modellare componenti particolari:
 - definizione automatica del contatto usando *features* CAD
 - cuscinetti e guarnizioni realizzati automaticamente
 - *bolt modelling* che include i carichi (*stress* e NVH) usando le *features* CAD
 - *press fit*, *liners*, guide, sedi di valvole etc.

Oltre a queste tecnologie, è stata scelta una strategia speciale di implementazione per sviluppare le funzionalità per applicazioni particolari e specifiche.

La prima applicazione è stata studiata per supportare analisi di *stress* di un blocco



◀ Fig. 3 - Modello CAD di un blocco motore

state sviluppate a seconda delle esigenze di modellazione che variano da un cliente ad un altro.

Il *batch-mesher*, l'*assembly* e le creazioni di contatti automatizzati, sono solo alcune caratteristiche importanti di SimLab per ridurre il tempo di modellazione.

Engine NVH

La Fig. 5 illustra l'implementazione che permette di realizzare il modello NVH di un motore in un giorno. In tale tempo si realizza il file di *input*

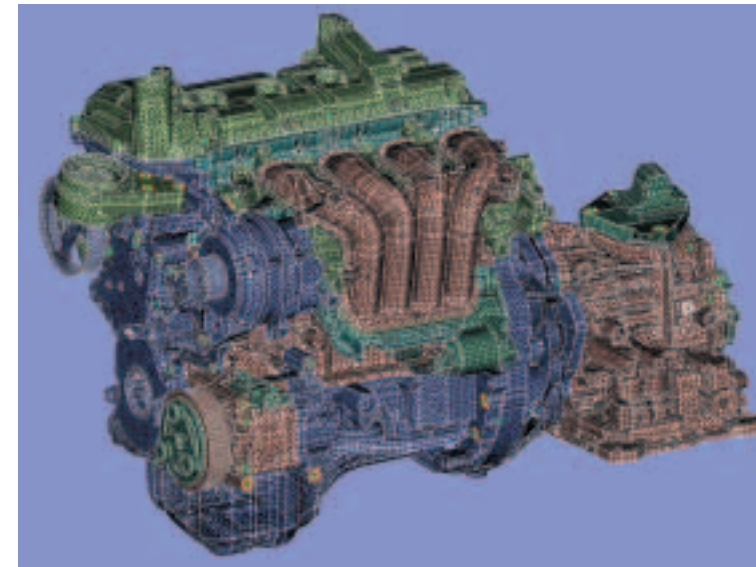
per una analisi di tipo NVH. Tutta la *mesh* e la maggior parte dell'assemblaggio, la definizione dei carichi, delle condizioni al contorno, delle proprietà di materiali sono fatti automaticamente in modalità *batch*.

Sfide emergenti per i Solutori

È stato anticipato che i *solvers* dovranno affrontare nuove sfide per poter aumentare anche le *performance*. Prima della introduzione di *tools* automatici, la fase di modellazione poteva richiedere fino a 30 giorni e un'analisi combinata termica e statica richiedeva circa 2 giorni, per un tempo totale di circa 32 giorni.

In questo contesto, i due giorni di analisi rappresentano meno del 10 % del totale.

Dopo l'implementazione di un sistema di modellazione così efficace per costruire un



◀ Fig. 4 - Modello FEM "ready to go"

motore, seguita da un'analisi NVH, sempre su un motore, il sistema *powertrain* e un modello di un riduttore.

Alcuni moduli aggiuntivi sono disponibili per la modellazione del sistema frenante e per le applicazioni di *drop test*.

Esempi di applicazioni di SimLab Stress motore

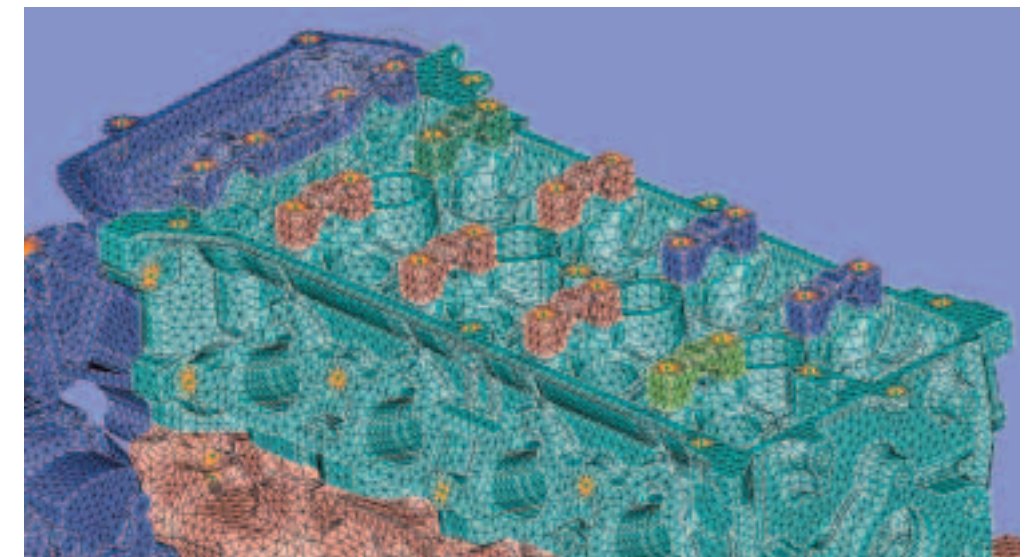
Le figure sopra riportate illustrano l'implementazione della modellazione realizzata in un giorno: il modello CAD (Fig. 3) e il modello FEM (Fig. 4) ottenuto dopo sole 24 ore.

Il modello FEM consiste dei seguenti particolari:

- modellazione delle valvole, delle guide, dei cuscinetti e delle camicie, dei bulloni con il relativo precarico
- definizione dei materiali (tra cui l'ortotropo della guarnizione), dei carichi e delle *cards* di controllo dei *solvers*.

In questa fase della realizzazione del modello, SimLab ha preparato un *input deck* per un'analisi combinata termica e di *stress*. Tutta la *mesh* e la maggior parte dell'assemblaggio, la definizione delle proprietà del materiale sono realizzati automaticamente in modalità "batch".

L'implementazione dei vari tipi di connessione e altre metodologie dedicate sono



▼ Fig. 5 - Modello NVH di un motore completo con bulloni realizzati automaticamente

modello di simulazione in un solo giorno, i due giorni di analisi, improvvisamente rappresentano il 66% del totale. Pertanto, la richiesta di risolvere un'analisi completa di stress in un unico *run* durante la notte sta diventando importante. Un aumento della velocità di soluzione di un fattore 10 nei *solvers* attualmente sul mercato è un *target* da raggiungere. Inoltre è imminente il rilascio della versione di SimLab per le strutture aeronautiche.

Legenda

turnaround = si riferisce al monte ore necessario per svolgere un'attività; nel caso specifico si riferisce al tempo richiesto per la realizzazione dell'assembly agli elementi finiti

speed-up = velocizzazione del processo

stand-alone = dicesi di software che lavora in maniera indipendente, in questo caso si intende indipendente dal CAD

embedded = integrato con altro software (in questo caso si intende legato al CAD)

GUI = Graphical User Interface; interfaccia grafica utilizzata dall'utente per definire e gestire il modello

PDM = Product Data Management; i sistemi PDM creano e gestiscono relazioni tra gruppi di dati relativi ad un prodotto, inoltre fanno lo storage di questi

Conclusioni

Nuovi approcci nella tecnica di modellazione di SimLab ed alcune *performances* di base dei *solvers*: sono queste le carte vincenti per aumentare la velocità di realizzazione del *testing* virtuale nell'ambito della progettazione dei motori e dei relativi componenti.

Con queste implementazioni è, infatti, possibile realizzare una simulazione di stress per un motore in 2-3 giorni contro le 4÷6 settimane della attuale metodologia.

dati in database.

clean-up = eliminazione delle parti del modello CAD non utili ai fini della realizzazione della mesh

user-defined-object = oggetti predefiniti per facilitare la modellazione

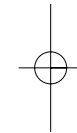
bolt-modeling = modellazione dei bulloni e dei collegamenti filettati

drop test = test per valutare la resistenza di un oggetto soggetto a caduta libera

batch mesher = tool di realizzazione della mesh in modalità non interattiva (batch) con l'utente

process oriented = orientato al processo, alla sua automazione per ridurre i tempi di realizzazione del modello

featured based = la realizzazione della mesh avviene grazie al riconoscimento delle features del CAD



Massimo Damasio

Nato ad Alessandria nel 1973, si laurea in Ingegneria Meccanica presso il Politecnico di Torino nel 1998 con la tesi "Analisi FEM di una ruota automobilistica soggetta a carichi di servizio".

Dal 1999 al 2006 lavora presso la MSC.Software di Torino con il ruolo di Senior Technical Consultant.

Nel maggio 2006 costituisce, con altri 5 soci, la Exemplar srl, società ad alto contenuto innovativo dell'Incubatore I3P del Politecnico di Torino e che annovera un team con lunga e provata esperienza nel mondo CAE.

È attualmente Project Manager di SimLab presso la EXEMPLAR srl.

e-mail: massimo.damasio@exemplarsolutions.it
www.exemplarsolutions.it