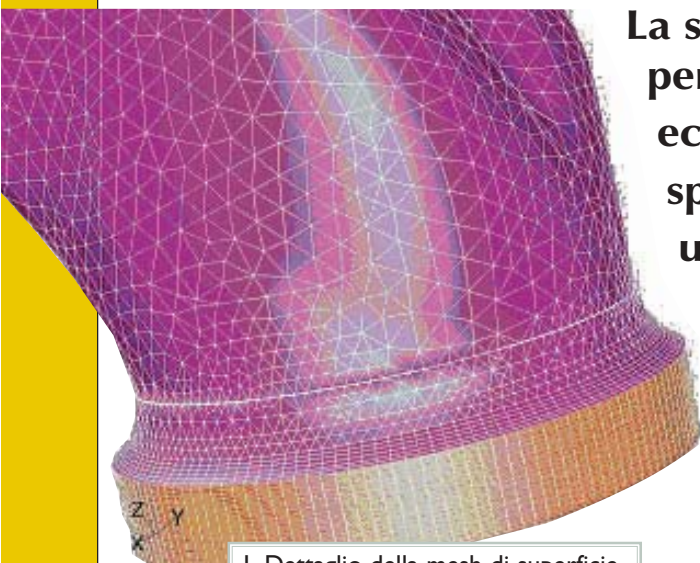


ULRICH SCHMIDT

FLUIDODINAMICA PER MOTORI ENDOTERMICI

La simulazione al computer permette notevoli risparmi economici e un buon risultato sperimentale. Adottando un metodo fluidodinamico computazionale, si sono migliorate le prestazioni di un motore Daimler-Chrysler a 4 tempi



1. Dettaglio della mesh di superficie del condotto d'aspirazione: in arancione sono evidenziati gli strati di celle generati dal movimento di apertura della valvola.

I motori a combustione interna equipaggiano svariate tipologie di macchine, dalle automobili ai generatori di potenza e, in relazione a questo, le loro caratteristiche sono differenti.

I progettisti spesso si avvalgono di strumenti di calcolo che li supportano nelle diverse fasi di progettazione, dimensionamento, ricerca e sviluppo, con l'obiettivo di rispettare le specifiche e ottimizzare le caratteristiche più rilevanti di ciascun motore.

Gli strumenti numerici per il calcolo termo-fluidodinamico forniscono ai progettisti numerose informazioni sia quando applicati all'analisi del solo campo di moto non reagente, sia quando applicati allo studio del ciclo completo di combustione. I dati raccolti permettono di valutare le prestazioni del motore, sia nel suo complesso sia per i singoli componenti e fasi, oltre a poter essere utilizzati come condizioni al contorno per un calcolo strutturale.

In alcuni casi la soluzione più effi-

ciente consiste nell'adottare un modello di combustione semplificato, in grado di fornire le informazioni necessarie con una soddisfacente accuratezza e con tempi e risorse poco onerose.

IL CASO APPLICATIVO

Nell'articolo è descritto il calcolo CFD (Computational Fluid Dynamics) applicato a un motore a combustione interna Daimler-Chrysler, 4 tempi a iniezione indiretta, utilizzato su molti autoveicoli ameri-

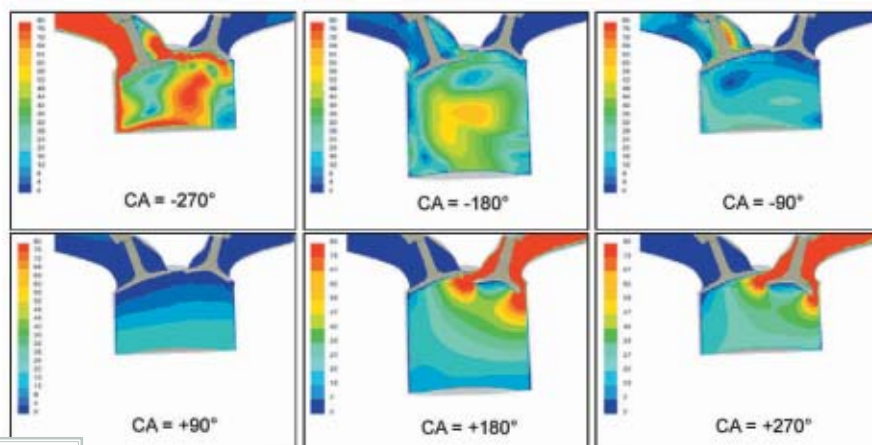
cani. Il regime di rotazione considerato è di 4.000 giri/min, in condizioni di farfalla completamente aperta. Il codice impiegato è Fluent. Il punto di partenza è la costruzione del modello geometrico, o la sua importazione da un pacchetto CAD. Si procede poi alla generazione della griglia di calcolo (mesh) e quindi al set-up dei modelli fisici e delle condizioni al contorno che definisce il problema in studio. Fluent è quindi in grado eseguire i calcoli, basati sulla soluzione iterativa delle equazioni di conservazione per il moto dei fluidi, e permette di analizzare i risultati. Nel presente studio è stato utilizzato il modello di mesh dinamica implementato in Fluent.

Grazie al modello di mesh dinamica, la griglia di calcolo segue dinamicamente il movimento di pistone e valvole.

Il progettista deve definire soltanto la griglia di calcolo corrispondente alla geometria all'istante iniziale del calcolo e le leggi di moto di pistone e valvole (posizione o velocità in funzione del tem-

po o dell'angolo di manovella). Un'interfaccia dedicata permette di assegnare velocemente le leggi di moto necessarie. Successivamente Fluent gestisce automaticamente il

fluidodinamico, per verificare velocemente la correttezza delle impostazioni o anche per avviare il calcolo in corrispondenza di un diverso angolo di manovella.



2. Contorni di velocità a differenti angoli di manovella.

movimento dei componenti e della griglia di calcolo.

In questo modo il progettista può eseguire la simulazione del ciclo motore con la stessa velocità e semplicità d'uso che è tipica dei prodotti Fluent.

E' inoltre possibile avviare il movimento della griglia senza calcolo

DAL CAD ALLA SIMULAZIONE

Nello studio qui descritto, la geometria, originariamente in formato Iges, è stata importata in Gambit, il pre-processore di Fluent. Il dominio di calcolo è stato ricavato utilizzando gli strumenti di clean-up presenti in Gambit; ed è stato poi

Gli aspetti termo-fluidodinamici relativi al funzionamento di un prodotto industriale possono essere studiati con tecniche sperimentali o con strumenti di simulazione computazionale (CFD

SIMULAZIONE AL COMPUTER NELL'INDUSTRIA AUTOMOBILISTICA

Computational Fluid Dynamics). Quest'ultima tecnica consiste nella risoluzione al computer delle equazioni che governano la meccanica dei fluidi e il relativo scambio termico.

Quali vantaggi utilizzando strumenti di simulazione?

Risponde Giorgio Buccilli: "Il vantaggio di questa tecnica è quello di poter studiare nel dettaglio le prestazioni di un prototipo virtuale al calcolatore, senza dover sostenere i costi di realizzazione del modello fisico e delle prove sperimentali di laboratorio. Questa tecnologia è accessibile anche alle aziende di piccole e medie dimensioni grazie alla progressiva riduzione del costo dei computer (a parità di prestazione) ed al continuo sviluppo dell'efficienza e della semplicità d'uso dei software".



Giorgio Buccilli, Sales and Marketing Manager di Fluent Italia.

Qual è la proposta Fluent?

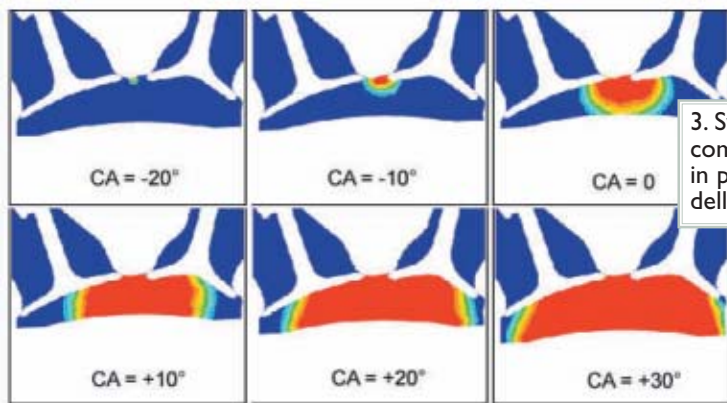
"Fluent da oltre vent'anni offre una gamma completa di software per la simulazione termo-fluidodinamica. Nell'industria automobilistica l'utilizzo del software Fluent per la simulazione fluidodinamica (CFD) consente di creare un banco prova virtuale per quantificare, visualizzare e

ottimizzare le prestazioni del componente già nelle prime fasi di progettazione.

L'utilizzo di Fluent permette di sviluppare il prodotto con maggiore efficienza e consapevolezza, riducendo il time to market e contenendo i costi legati allo sviluppo. Con la sua vasta gamma di modelli fisici, Fluent risponde a tutte le necessità di modellazione dei fenomeni termo-fluidodinamici, dal singolo componente all'analisi completa del veicolo".

Alla pagina internet www.fluent.it sono disponibili esempi di

applicazione della simulazione fluidodinamica nell'industria automobilistica e in altri settori industriali.



3. Sviluppo della combustione in prossimità dell'accensione.

sentendo di calcolare la velocità di fiamma, la pressione in camera e il livello di combustione.

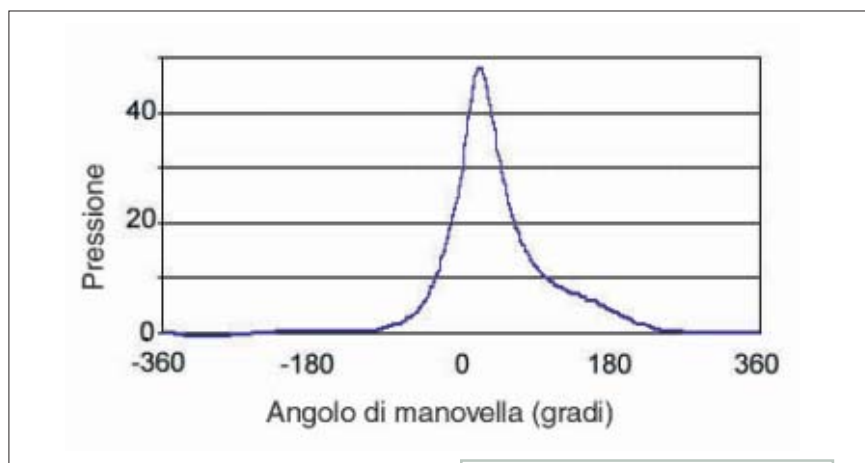
La figura 3 mostra lo sviluppo della fiamma al momento dell'iniezione, con il pistone in prossimità del punto morto superiore (C.A. prossimo a 0). La combustione rilascia calore alla miscela di gas e ne segue un incremento di pressione, come visibile in figura 4.

La velocità con cui la pressione aumenta è importante per l'efficienza

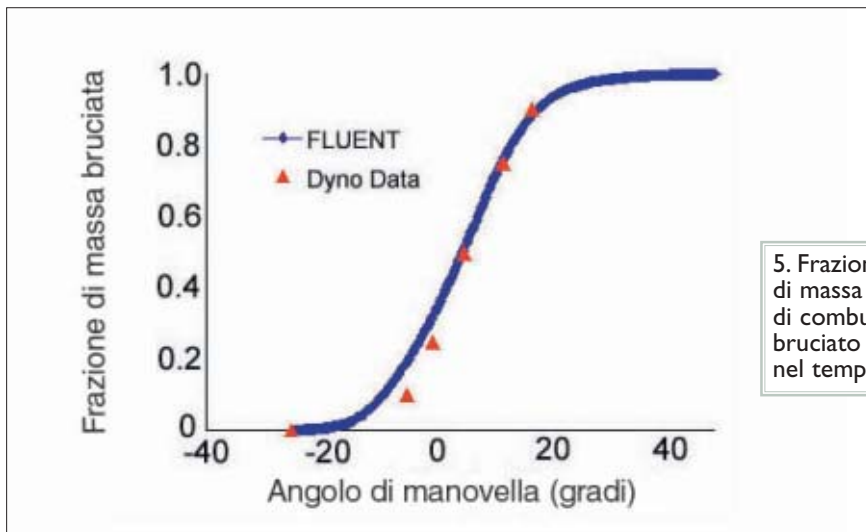
scomposto in zone secondo i requisiti di mesh richiesti per un calcolo accurato. Il risultato è stato una mesh 3D ibrida esaedrica-tetraedrica.

In figura 1 è illustrato il dettaglio della mesh superficiale per il condotto di aspirazione. In arancione sono evidenziati gli strati di celle costruiti quando la valvola comincia ad aprirsi.

In questo caso le condizioni al contorno imposte in ingresso e in uscita sono condizioni di pressione atmosferica uniforme.



4. Variazione della pressione media nel cilindro durante il ciclo motore.



5. Frazione di massa di combustibile bruciato nel tempo.

del motore, per il valore di coppia massima e anche per un basso livello di emissioni.

Le analisi CFD permettono ai progettisti di individuare la geometria più efficiente e l'istante di accensione che ottimizza le prestazioni.

L'affidabilità dell'analisi è mostrata in figura 5, in cui i valori relativi alla completezza della combustione ottenuti con Fluent sono in buon accordo con i dati sperimentali.

Possono essere anche imposti valori in funzione dell'angolo di manovella, anche in accoppiamento con codici mono-dimensionali.

Per la turbolenza è stato impiegato un modello a due equazioni K-ε. Le caratteristiche del campo di moto ad ogni istante sono informazioni molto importanti per la combustione.

La turbolenza che si genera in a-

spirazione incide sulla miscelazione di aria e benzina.

In figura 2 sono mostrati i contorni di velocità su un piano in diversi istanti (diversi valori di angolo di manovella: crank angle). Qui si è impiegato il modello di combustione premiscelata di Zimont, che utilizza la soluzione di un'equazione di trasporto per una variabile di progresso della reazione, con-

U. Schmidt, CFD engineer.
Per gentile concessione del Gruppo Chrysler Hemi®.