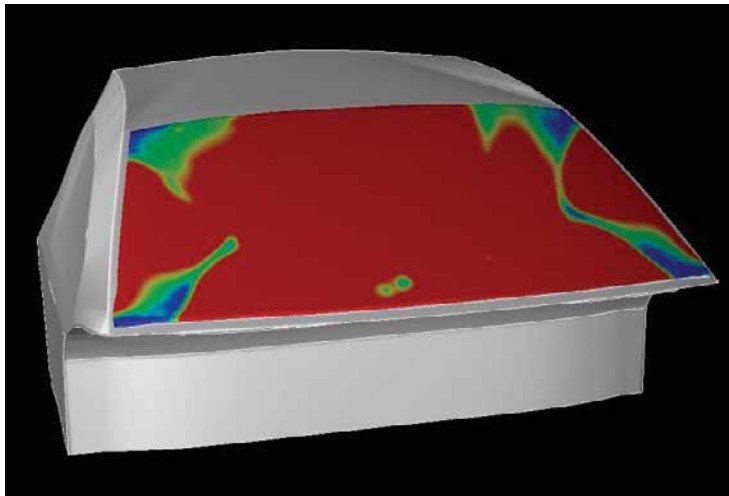


Simulare lo sbrinamento di un parabrezza



1. Simulazione dello sbrinamento
del parabrezza di un autoveicolo.
Porzione di abitacolo vettura.

La prototipazione virtuale è un sistema integrato di simulazione al servizio del progetto che utilizza software e hardware specializzati, realizzati per anticipare le criticità e le prestazioni di un prodotto fin dalle prime fasi progettuali. Con la prototipazione virtuale si costruiscono modelli matematici che simulano la sperimentazione in tempo reale, usando solo risorse di calcolo; un sistema quindi che riduce al minimo la necessità di test su prototipi reali con vantaggi evidenti sui costi e migliorando la qualità di processo e prodotto.

Di seguito viene presentata un'applicazione di questa metodologia nel settore automobilistico, descrivendo la "simulazione a calcolo della

prova di sbrinamento parabrezza", analisi usualmente eseguita durante lo sviluppo dell'impianto di climatizzazione.

Descrizione dell'analisi di prova

La progettazione dell'impianto di climatizzazione di una vettura deve rispettare diverse normative tra le quali vi è anche quella sul tempo minimo richiesto per sbrinare opportune aree del parabrezza, prestazione questa molto importante anche in termini di sicurezza durante la guida. Si può quindi facilmente intuire come la realizzazione di un efficiente impianto di climatizzazione sia una tappa molto importan-

Le tecniche della fluidodinamica computazionale (Cfd - Computational Fluid Dynamics) sono state utilizzate per studiare lo sbrinamento del parabrezza di un'automobile. Tale metodologia presenta una buona correlazione con i risultati sperimentali e risulta essere consolidata all'interno del Centro Ricerche ISDG

te e con non poche difficoltà durante l'intero processo di progettazione di un'automobile.

L'usuale metodo di sviluppo di un impianto di climatizzazione consiste nella costruzione di un prototipo del gruppo condizionatore, della sua installazione a bordo di una vettura e da una serie di prove sperimentali nelle gallerie climatiche per verificarne l'efficienza, i risultati dei test serviranno poi eventualmente per ulteriori modifiche; questo processo sarà ripetuto finché i risultati possono essere considerati soddisfacenti.

Il tempo impiegato con questo procedimento sperimentale può essere in parte ridotto utilizzando i programmi di fluidodinamica computazionale Cfd, abbattendo così sensibilmente i costi di sviluppo dell'impianto.

Come preannunciato, tra le varie Normative da rispettare durante lo sviluppo di un impianto di climatizzazione di una vettura, vi è anche quella sul tempo minimo richiesto per sbrinare opportune aree del parabrezza. Riprodurre a calcolo la prova di sbrinamento significa simulare il processo di liquefazione dello strato di brina che si deposita sul parabrezza durante la prova sperimentale in cella climatica alla temperatura di -18°C ; lo sbrinamento avviene per effetto dell'aria calda proveniente dal gruppo riscaldatore (interno al climatizzatore) e distribuita dai condotti del defroster alle bocchette presenti sulla plancia in abitacolo.

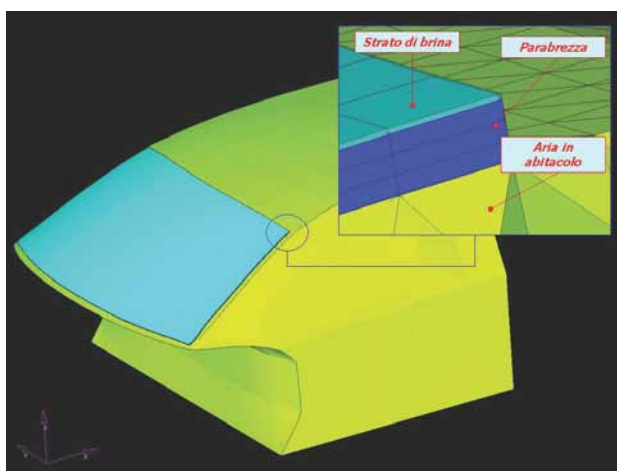
Modello di calcolo

A tale scopo sono impiegati appositi software di fluidodinamica computazionale che risolvono con l'approccio dei volumi finiti le equazioni che governano il moto dei fluidi; in questo caso il fluido è turbolento con variazioni di temperatura e passaggi di fase. All'interno del dominio di calcolo saranno risolte oltre alle equazioni di continuità, della quantità di moto, della turbolenza e dell'energia, anche le equazioni di un particolare modello che simula il passaggio ghiaccio-acqua, in altre parole la liquefazione dello strato di brina depositato sulla superficie vetrata.

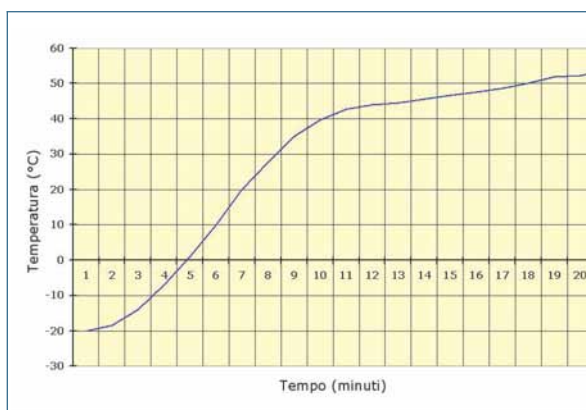
Questo modello si basa sul "metodo entalpico"; viene definita una frazione liquida f come il rapporto tra il calore latente del materiale allo stato solido ΔH ed allo stato liquido L : si ricorda che il calore latente è la quantità d'energia per unità di massa necessaria per ottenere una transizione di fase di una sostanza (ad esempio il passaggio dallo stato solido a quello liquido), quindi:

$$f = \Delta H / L$$

$$\begin{array}{lll} f=0 & \text{se} & T < T_{\text{solido}} \\ 0 < f < 1 & \text{se} & T_{\text{solido}} < T < T_{\text{liquido}} \\ f=1 & \text{se} & T > T_{\text{liquido}} \end{array}$$



2. Modello agli elementi finiti di una porzione di abitacolo con strato di ghiaccio sul parabrezza. Particolare della modellazione.



3. Temperatura dell'aria in ingresso abitacolo.

Nel caso del ghiaccio si avrà $T_{\text{solido}} = 271\text{K}$ e $T_{\text{liquido}} = 273\text{K}$.

Per eseguire questa simulazione a calcolo viene realizzato un modello CFD a volumi finiti di una porzione d'abitacolo (figura 1); particolare attenzione deve essere posta nella modellazione del parabrezza e dello strato di brina in quanto queste saranno le zone dove verranno visualizzati i risultati.

Per il parabrezza e lo strato di brina (figura 2) saranno utilizzati elementi di tipo esaedrico (maggiore accuratezza dei risultati) di dimensione uniforme, mentre l'aria all'interno dell'abitacolo sarà rappresentata con elementi di tipo tetraedrico con dimensioni crescenti verso le zone più lontane del parabrezza, questo per evitare di ottenere modelli che richiederanno tempi e risorse di calcolo troppo grandi.

Mediante i modelli di calcolo che si ottengono per tali analisi hanno circa due milioni di elementi.

L'analisi a calcolo della simulazione di sbrinamento è condotta in due fasi successive, una prima fase di tipo stazionario seguita poi da un transitorio che rappresenta la prova sperimentale condotta nella galleria climatica.

Analisi Stazionaria

Calcolo stazionario per determinare il campo di moto dell'aria all'interno dell'abitacolo e la distribuzione delle velocità sul parabrezza.

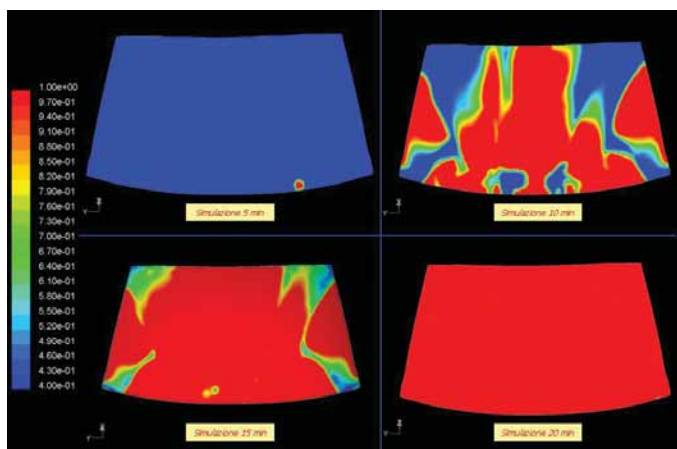
Analisi Instazionaria

Calcolo instazionario termico con introduzione del modello di sbrinamento.

In tale fase il campo di moto determinato nel punto precedente diventa un dato di input, su tale campo di moto viene "sovrapposta" la legge delle temperature dell'aria all'ingresso abitacolo (figura 3).

L'aria è quella proveniente dal gruppo riscaldatore dell'impianto di climatizzazione e la legge è determinata sperimentalmente; si avrà così scambio di calore tra l'aria e lo strato di brina attraverso la superficie vetrata del parabrezza.

Come detto in precedenza la temperatura iniziale dell'abitacolo è di -18°C e quest'analisi a calcolo instazionaria viene condotta per venti mi-



4. Risultati della simulazione mappe della frazione liquida f , in rosso le aree sbrinate.

nuti, tempo richiesto dalle normative per sbrinare opportune aree del parabrezza.

Analisi dei risultati

I risultati dell'analisi condotta possono essere osservati nella figura 4 dove sono state riportate le mappe della frazione liquida f ; le aree di colore blu sono ancora coperte dallo strato di ghiaccio, mentre le aree di colore rosso sono completamente sbrinate.

Il ghiaccio comincia a sciogliersi entro i 5 minuti ed entro i 20 il parabrezza risulta essere del

tutto privo di ghiaccio, nel pieno rispetto della normativa.

Nel caso il parabrezza non sia del tutto sbrinato entro il tempo previsto dalla normativa, occorre allora intervenire sulla geometria dei condotti defroster per migliorare la distribuzione del flusso d'aria calda sul lato interno-abitacolo del parabrezza stesso.

Il layout finale del sistema defroster sarà quindi un compromesso tra i diversi vincoli progettuali (esempio ingombri) previsti all'interno della "zona plancia".

Conclusioni

I software Cfd che prevedono al loro interno modelli di calcolo con "cambio di fase", sono uno strumento potente e veloce per simulare la prova di sbrinamento parabrezza dell'abitacolo di un'automobile. Quest'analisi, se condotta sin dalle fasi iniziali del progetto, permette di ottimizzare in minor tempo tutto il "layout" di climatizzazione, in altre parole la geometria dei condotti dal gruppo condizionatore alle bocchette in abitacolo vettura. Con tale approccio metodologico si possono ridurre le prove sperimentali nelle celle climatiche, abbattendo così i costi di sviluppo dell'impianto di climatizzazione.

Aziende come ISDG, avvalendosi delle più recenti tecniche della prototipazione virtuale come quella ora esposta, collaborano con molte industrie del settore Automotive per far loro risparmiare tempo e denaro durante l'intero processo di sviluppo dei nuovi progetti.

G. Velenich, Centro Ricerche ISDG, Orbassano (TO).

readerservice.it n. 91



PUJOL Motoriduttori

www.pujol.com

commerciale@pujol.com

Presenti in:

Algeria
Australia
Belgio
Brasile
Cipro
Danimarca
Francia
Germania
India
Inghilterra
Irlanda
Italia
Libano
Macedonia
Marocco
Messico
Polonia
Portogallo
Rep. Ceca
Romania
Russia
Singapore
Spagna
Taiwan
Tunisia
Turchia
Ucraina
Uruguay
Usa

MOTORIDUTTORE PENDOLARE

Serie DX

Rapporto di riduzione da 4 a 350 ■■

Coppia in uscita da 120Nm a 9600Nm ■■

Albero uscita cavo da diam. 30mm a 90mm ■■

A richiesta: flangia laterale, albero normale in uscita, calettatore, bracci di reazione...

readerservice.it n.17903

