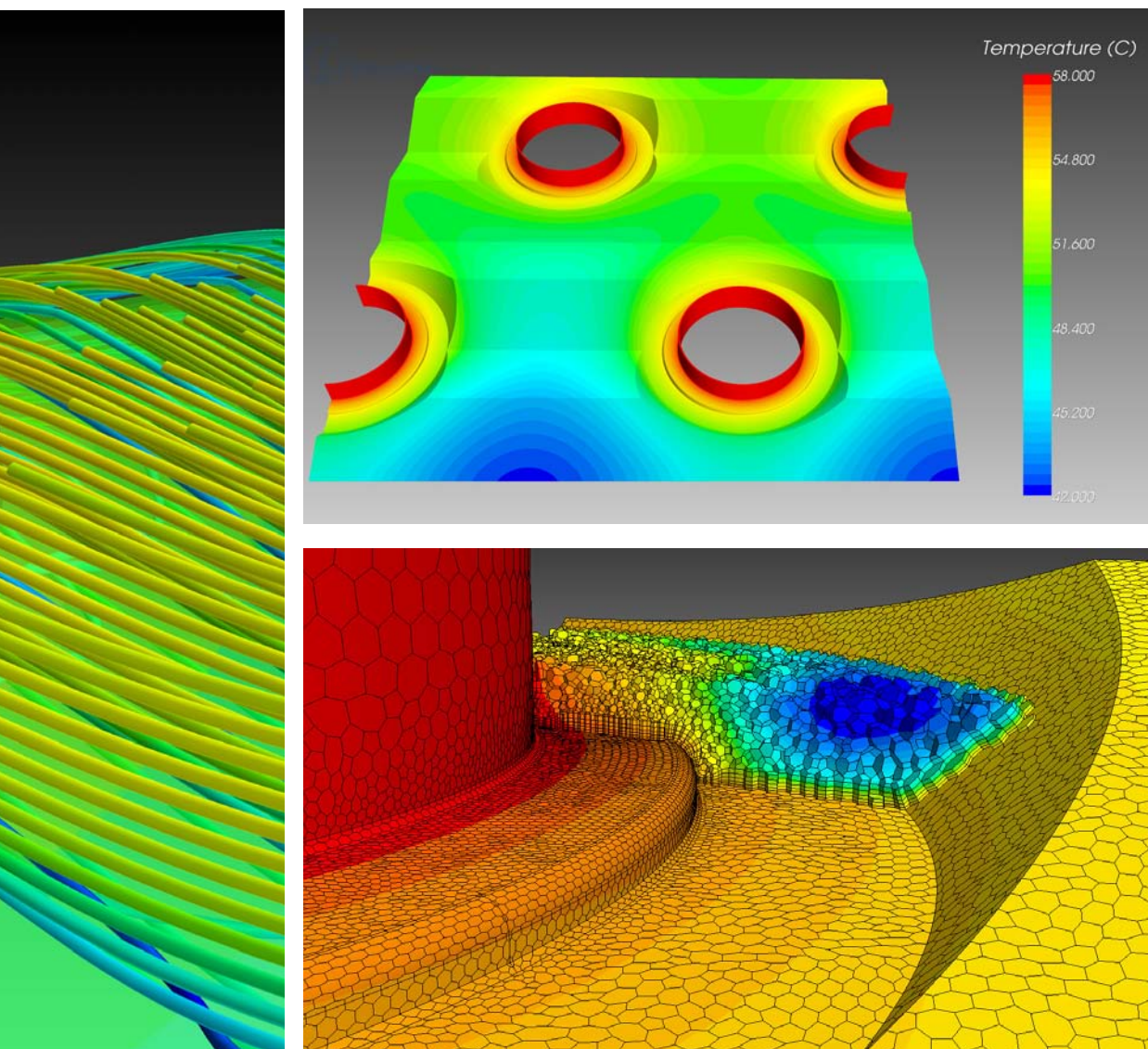


SIMULAZIONI FLUIDODINAMICHE DI SCAMBIATORI A PACCO ALETTATO

Matteo Totaro, Luca Cogo

Ufficio tecnico Aermec, Bevilacqua (VR)

Gli scambiatori a pacco alettato rivestono un ruolo di elevata importanza all'interno di macchine e impianti per il riscaldamento e il raffrescamento; le nuove politiche energetiche richiedono ai progettisti sforzi sempre più intensi volti all'incremento dell'efficienza ed alla riduzione dei costi.



Nella pagina a sinistra:
 dettaglio streamlines
 A sinistra: distribuzione
 superficiale della tempera-
 tura e, sotto, la mesh.

Aermec, da sempre attenta alla qualità, ha deciso di investire nella simulazione CFD, inserendola all'interno dell'iter progettuale riducendo così tempi e costi di sviluppo a fronte di un incremento della qualità del prodotto.

È stata sviluppata una metodologia di simulazione termo-fluidodinamica per il calcolo delle prestazioni di uno scambiatore a pacco alettato, caratterizzata dalla modellazione dei fenomeni di scambio termico conduttivi e convettivi relativi ad una porzione di superficie alettata.

Il confronto dei dati numerici e sperimentali ha permesso la validazione del modello e il suo utilizzo per lo studio di nuove geometrie di pacchi alettati; l'incremento della resa e la riduzione delle perdite di carico, due caratteristiche spesso in contrasto tra loro, erano i punti chiave da conseguire.

DESCRIZIONE DEL PROBLEMA

Scopo del presente studio è realizzare e validare un modello CFD in grado di prevedere correttamente le prestazioni di differenti geometrie e configurazioni di alette per scambiatori a pacco alettato. Al fine di verificare la robustezza del modello, lo si è verificato con differenti geometrie e configurazioni così da estenderne l'applicazione ad un elevato numero di casi.

Di seguito si riporta il dettaglio di una delle geometrie utilizzate per la validazione del modello: la 25 x 19 mm con tubo da 9,52 mm.

MODELLO CAD

Il modello CAD 3D è stato realizzato mediante il software CATIA V5 R19. In particolare si è creato un modello rappresentativo di un'aletta di scambiatore le cui caratteristiche sono specificate nella tabella seguente:

N. ranghi	2
Geometria:	25x19
Tipo aletta:	Corrugata
Materiale tubi:	Rame
Materiale alette:	Alluminio
Diametro esterno tubi:	10 mm
Spessore tubi:	0.25 mm
Spessore aletta:	0.1 mm

La figura 1 e la figura 2 mostrano la geometria importata in STAR CCM+ e la sua successiva elaborazione al fine di ottenerne l'unità oggetto del successivo studio.

MODELLO CFD

Il modello utilizzato è un k-ε a due equazioni nella sua versione realizzabile two-layers; tale modello è stato scelto previa uno studio di dipendenza della soluzione dal modello di turbolenza; la condizione di gas ideale è stata utilizzata per meglio descrivere la caduta di pressione che interessa l'aria nell'attraversare l'aletta.

Al fine di ridurre il tempo di calcolo per simulazione, riducendo quindi i costi di sviluppo, si è deciso di simulare solo una porzione di aletta ritenuta il più piccolo elemento modulare.

Il volume di controllo (figura 3, figura 4) preso in esame è composto da un elemento prismatico che funge da galleria, all'interno del quale è posizionata la porzione "modulare" di aletta.

Le condizioni al contorno sono di *velocity inlet* per la superficie di ingresso dell'aria, *pressure outlet* per quella di uscita; alle superfici laterali del dominio è assegnata la condizione di simmetria mentre a quelle rispettivamente sopra e sotto la condizione di periodicità.

Dipendenza della griglia

Effettuando simulazioni con le medesime condizioni al contorno, ma con un numero crescente di celle si è individuato il numero minimo di celle superato il quale non si hanno sensibili variazioni della soluzione rendendola, quindi, indipendente dalla griglia di calcolo.

Validazione

La validazione del modello è stata fatta simulando differenti geometrie e tipologie di alette precedentemente studiate e testate in laboratorio; dall'analisi e confronto dei dati si è individuato il modello maggiormente rappresentativo

del caso reale.

Il grafico 1 riporta l'andamento del coefficiente di scambio termico convettivo, lato aria,

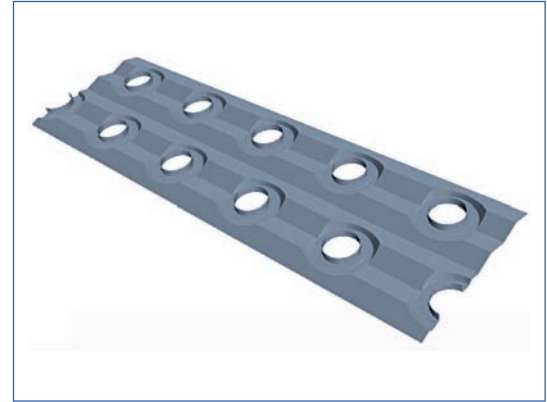


Fig. 1 - Modello CAD

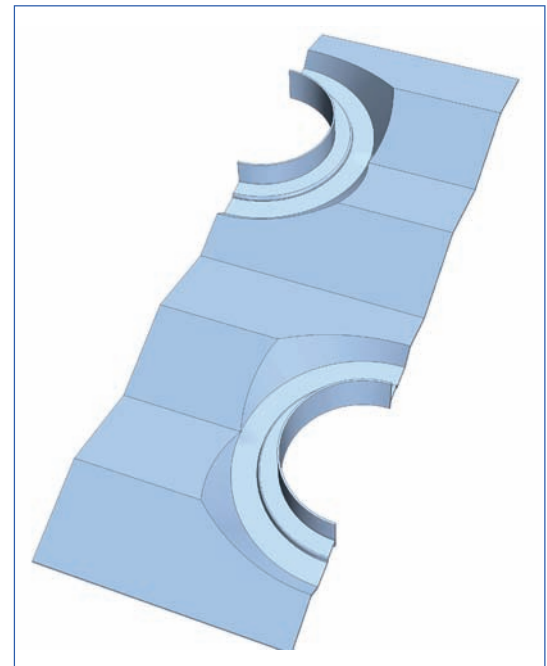


Fig. 2 - Geometria modificata

in funzione della velocità dell'aria; nell'intervallo compreso tra 1 e 2 m/s il dato sperimentale e quello numerico sono pressoché coincidenti mentre, al di sopra dei 2 m/s, lo scostamento si mantiene inferiore al 5%.

La maggior parte delle unità termoventilanti vedono lo scambiatore investito da aria con una velocità inferiore ai 2 m/s il che permette di ritenere il modello numerico realizzato pienamente utilizzabile quale strumento di indagine e progettazione per scambiatori a pacco alettato.

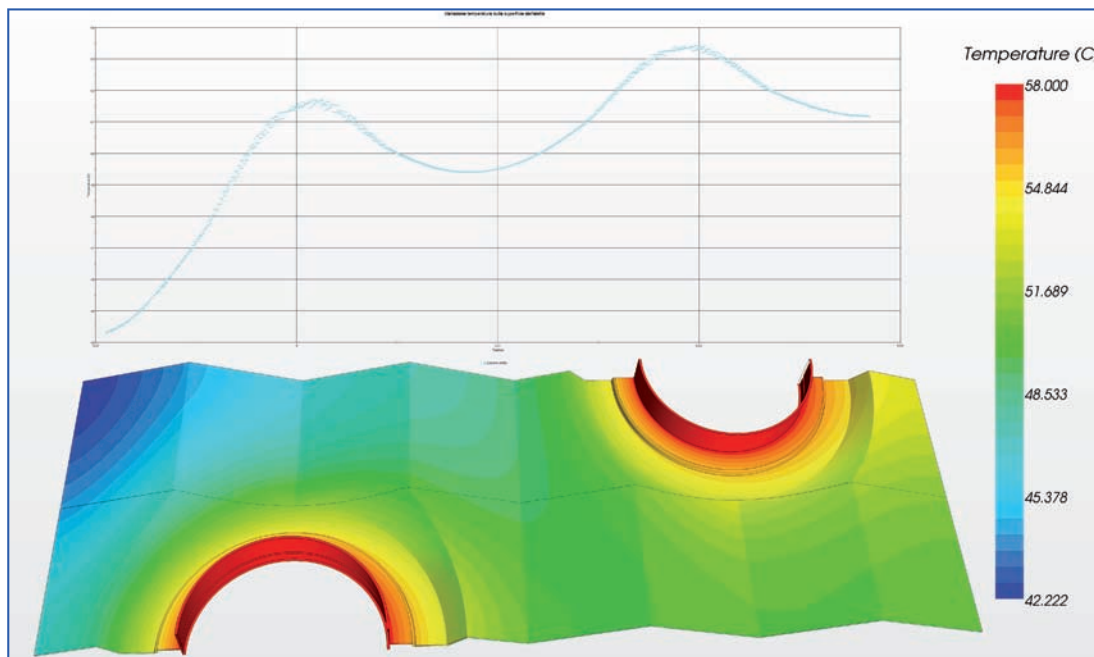
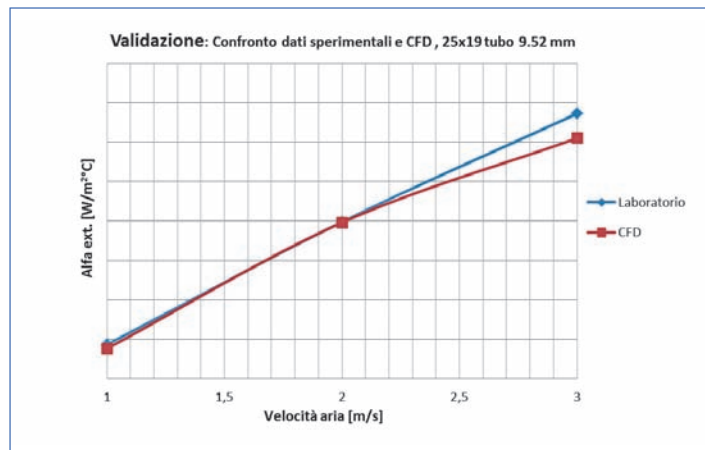
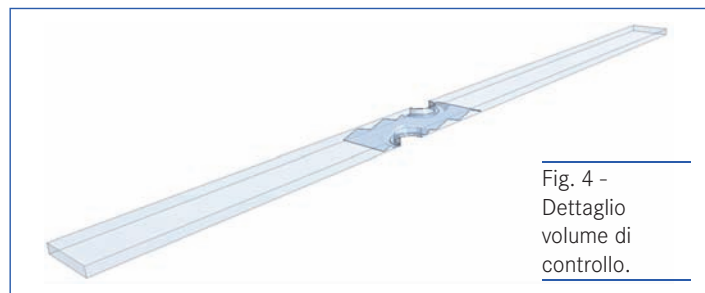
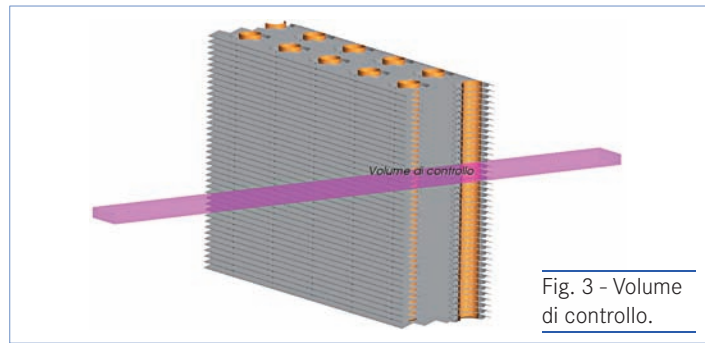
ANALISI RISULTATI

L'utilizzo delle metodologie CFD ha permesso di catturare nel dettaglio ogni minimo particolare del processo di scambio termico che interessa uno scambiatore a pacco alettato. Le informazioni visualizzabili, dalla distribuzione di pressione e temperatura ai profili di velocità rendono il progettista in grado di apprezzare la realtà del fenomeno fisico in esame ad un livello prima negato dalle tradizionali metodologie di prova.

Dalle simulazioni si sono ricavati i valori del coefficiente di scambio termico convettivo e della caduta di pressione dell'aria nell'attraversare lo scambiatore. Tali dati permettono di confrontare tra loro configurazioni differenti senza dover realizzare fisicamente un campione di scambiatore da testare in laboratorio; ciò si traduce in un aumento delle possibilità offerte al progettista nonché una riduzione dei tempi e dei costi di progettazione.

Grazie alle simulazioni CFD il progettista può intervenire modificando i parametri geometrici di maggior interesse quali:

- passo ranghi
 - passo tubi
 - passo alette
 - diametro interno ed esterno dei tubi
 - geometria delle corrugazioni/turbolenziature
- andando a verificare per ciascuna configurazione le grandezze caratteristiche utili a caratterizzare funzionalmente lo scambiatore.



Sopra:
Grafico 1 - validazione dati.
A sinistra:
Dettaglio delle temperature valutate lungo una sezione.