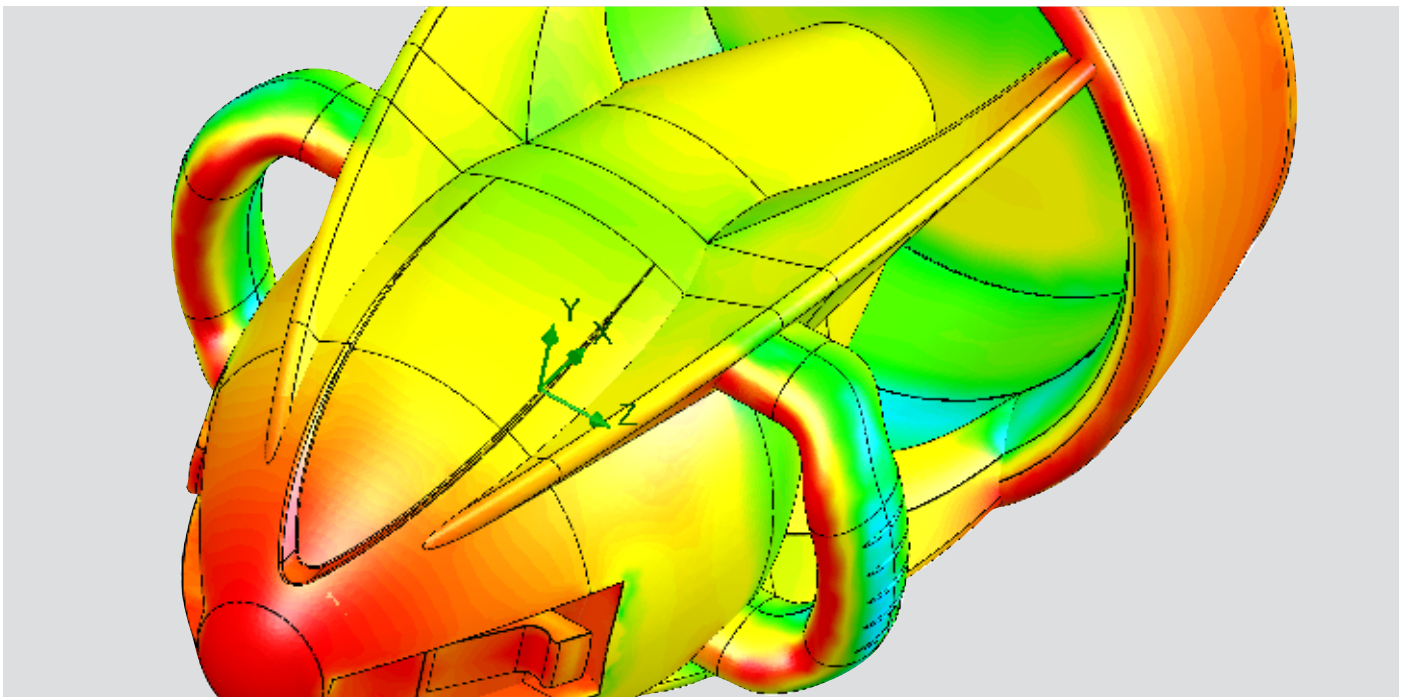

IL RUOLO DELLA FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE NELLA PROGETTAZIONE

Prefazione

Questo paper descrive due dissipatori di calore, un presidio medicale di aspirazione, un forno da cucina e una valvola di controllo di tipo industriale per illustrare l'utilità di SolidWorks® Flow Simulation nella creazione del miglior progetto possibile alla luce di considerazioni legate al trasferimento del calore ed al flusso dei fluidi. SolidWorks Flow Simulation è un programma di fluidodinamica computazionale intelligente ed intuitivo con cui semplificare il lavoro del progettista che utilizza SolidWorks per lo sviluppo dei prodotti.



L'approccio di SolidWorks alla simulazione del flusso di fluidi

I problemi di trasferimento termico sono all'ordine del giorno nella progettazione di prodotti elettronici, che possono danneggiarsi facilmente a causa del surriscaldamento. I dissipatori di calore sono un modo per ovviare a questo problema, ma non si può dire che uno valga l'altro per tutti i prodotti elettronici: il loro posizionamento è fondamentale. Come può un progettista scegliere il migliore, il più economico e il più adatto al prodotto senza costruire e collaudare prototipi fisici di vari dissipatori?

Vari problemi possono emergere nella progettazione di un presidio medicale di aspirazione, dove è importante mantenere la massima portata ad una data caduta di pressione (aspirazione), limitare il ricircolo nel presidio e creare un profilo di velocità uniforme alla testa di aspirazione. Anche in questo caso, il problema sta nella scelta della soluzione migliore, più conveniente e tempestiva.

Questi stessi principi valgono anche per i prodotti di consumo, dai forni da cucina alle attrezzature industriali.

Gli esempi in questo paper si riferiscono a problemi tipici nel lavoro quotidiano di un progettista e rappresentano situazioni comuni che possono emergere durante la progettazione dei prodotti più svariati.

La fluidodinamica computazionale (CFD) è uno strumento di simulazione utile per risolvere i problemi appena descritti. Purtroppo, troppo spesso le applicazioni CFD sono complesse e poco intuitive, soprattutto per il progettista che non ha una formazione specifica sulla fisica del flusso dei fluidi. SolidWorks Flow Simulation offre un approccio intelligente ed intuitivo alla CFD per i progettisti che utilizzano SolidWorks per creare i modelli solidi.

Progetto 1: dissipatore di calore per dispositivo elettronico esterno

Il primo dissipatore di calore è destinato ad un apparecchio elettronico (ad esempio un dispositivo di videosorveglianza) montato su una superficie esterna di un edificio. Per proteggerlo dagli agenti atmosferici, questo dispositivo deve essere ermetico, ma al tempo stesso se non è ben ventilato gran parte del trasferimento termico avverrà solo attraverso un lato dell'involucro. In questo caso si utilizza un dissipatore di calore per eliminare il calore interno. Il produttore di questo dispositivo ha deciso di adottare un dissipatore standard, che non può pertanto essere modificato.

Può il progettista trovare un modo economico per aumentare il raffreddamento alla luce di parametri così limitanti?

Partendo dal modello SolidWorks del dissipatore di calore standard (figura 1), il progettista osserva che, con l'azione della forza di gravità, il calore interno all'involucro verrebbe veicolato alle alette del dissipatore ed eliminato dall'aria fredda, più pesante, che lo spinge in alto: si tratta della convezione naturale. Per verificare ciò che avviene con una schermatura, il progettista colloca una copertura sul dissipatore e a questo punto deve stabilire se si genera un "effetto comignolo", ossia si crea un flusso d'aria maggiore che raffredda il prodotto elettronico più efficacemente.

Troppo spesso le applicazioni CFD sono complesse e poco intuitive, specialmente per il progettista che non ha una formazione specifica sulla fisica del flusso dei fluidi. SolidWorks Flow Simulation offre un approccio intelligente e intuitivo alla CFD per i progettisti che utilizzano SolidWorks per creare i modelli solidi.

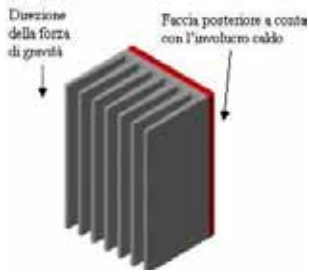


Figura 1: dissipatore di calore standard.

In SolidWorks Flow Simulation, il progettista utilizza la Creazione guidata del progetto per impostare l'analisi del flusso. Questa procedura guidata consente di definire le unità di misura da utilizzare, l'aria come fluido, il trasferimento del calore coniugato come tipo di analisi, nonché di applicare la gravità al flusso per la convezione libera, di immettere la temperatura ambiente e le condizioni di pressione e di selezionare la mesh automatica per il risultato della soluzione – il tutto in un'interfaccia unica e di facile uso.

In SolidWorks Flow Simulation, il progettista utilizza la Creazione guidata del progetto per impostare l'analisi del flusso.

Quindi la procedura guidata avanza all'albero di analisi SolidWorks Flow Simulation, in cui applicare il carico di potenza termica sul dissipatore di calore (basta un semplice clic con il pulsante destro del mouse per visualizzare un'opzione che assiste il progettista nel collocamento del carico e della potenza).

Infine, il progettista definisce l'obiettivo generale dell'analisi, la temperatura massima del dissipatore e la velocità massima dell'aria, per monitorare tali valori durante i calcoli e creare una tabella con i valori calcolati al termine dell'analisi.

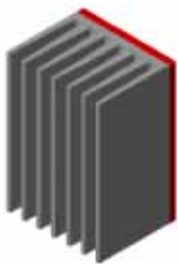


Figura 2: dissipatore di calore senza schermatura.



dissipatore di calore con schermatura.

Per stabilire se il dissipatore di calore è migliore con o senza schermatura, il progettista esegue anche l'analisi CFD con SolidWorks Flow Simulation.

Parametro		Senza schermatura	Con schermatura
Temperatura	(°C)	62,0	55,9

Tabella 1: temperatura media calcolata per ciascuna versione del progetto.

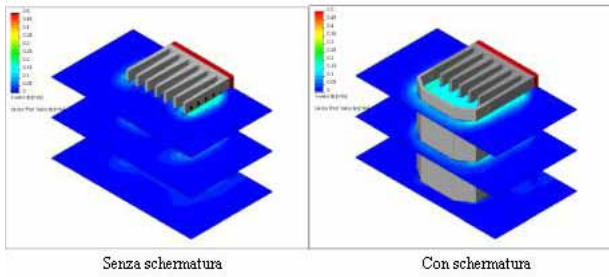


Figura 3: risultati dell'analisi, indicanti i vari livelli di velocità. I colori più caldi rappresentano una maggiore velocità verticale. Il progetto con la schermatura ha una velocità superiore attorno alle alette del dissipatore.

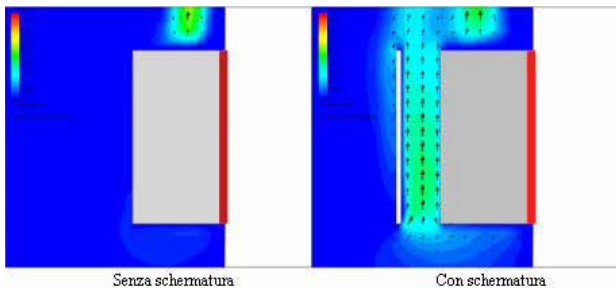


Figura 4: livelli di velocità attraverso una sezione verticale. I risultati indicano che la versione con schermatura dimostra una velocità molto superiore entro il modello.

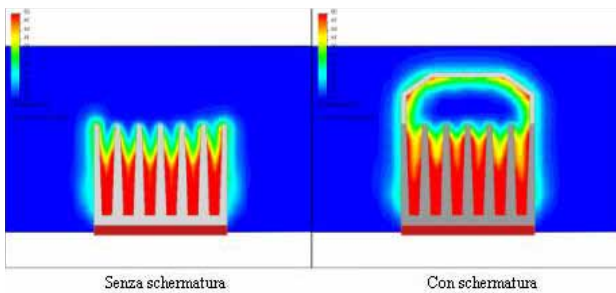


Figura 5: livelli di temperatura attraverso una sezione trasversale. Questo risultato dimostra che il modello con schermatura trasferisce una quantità maggiore di calore nell'aria.

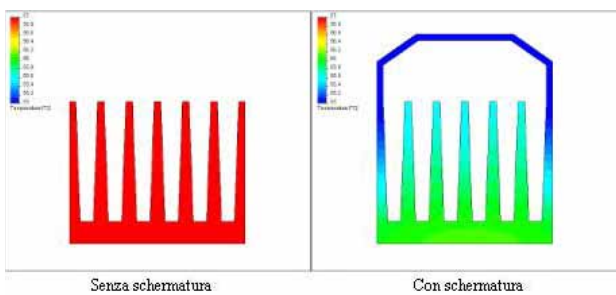


Figura 6: livelli di temperatura attraverso una sezione trasversale. Questi risultati mostrano che il modello con schermatura è considerevolmente più freddo, con temperature comprese tra 55°C e 57°C. Il dissipatore di calore senza schermatura manifesta temperature costantemente al di sopra dell'intervallo tra 55°C e 57°C.

Gli studi condotti con SolidWorks Flow Simulation dimostrano che l'aggiunta di una schermatura ad un dissipatore di calore verticale aumenta significativamente il raffreddamento - nell'ordine di una riduzione del 10,9% della temperatura media rispetto al modello senza schermatura.

Progetto 2: dissipatore di calore per il chip principale di un involucro elettronico

Il secondo dissipatore deve proteggere il chip principale installato con altri componenti in un involucro elettronico. In questo caso, il progettista deve identificare e selezionare la forma migliore del dissipatore.

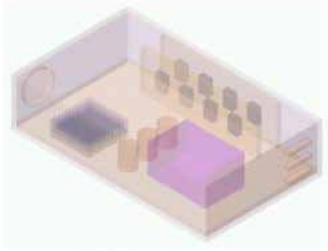


Figura 7: modello di involucro elettronico.

Il modello della figura 7 è stato creato con SolidWorks e rappresenta un involucro elettronico con il dissipatore di calore principale. Una ventola fa circolare l'aria nell'involucro, attraverso il dissipatore e la spurga dalle aperture di uscita per raffreddare i componenti elettronici mediante convezione forzata. Quale tra le due forme del dissipatore standard produce la minore temperatura del chip?

Il progettista può trovare la risposta utilizzando SolidWorks Flow Simulation. Come nel caso precedente, anche qui si utilizza la Creazione guidata del progetto per impostare il problema di trasferimento termico coniugato interno. Per definire la ventola nell'analisi di flusso forzato, il progettista può scegliere il profilo adatto da un elenco del database tecnico integrato in SolidWorks Flow Simulation.

Quindi, il progettista rappresenta i componenti riscaldati durante l'uso mediante sorgenti di calore volumetriche e imposta gli obiettivi di temperatura massima e media sia per il chip principale sia per il dissipatore di calore. Ultimata l'analisi, i risultati di temperatura possono essere visualizzati in grafici lineari sui componenti elettronici e in grafici di sezione sul fluido e sui solidi. Il progettista può anche creare i vettori di velocità per agevolare la visualizzazione dei percorsi di flusso dell'aria soffiata dalla ventola sul dissipatore e in tutto l'involucro.

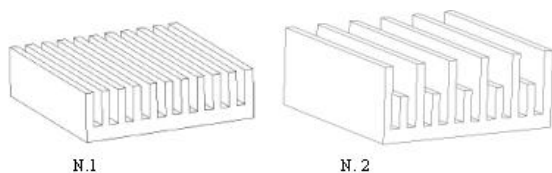


Figura 8: due diverse forme del dissipatore di calore. SolidWorks Flow Simulation consente di calcolare la temperatura dell'involucro elettronico.

Parametro		Dissipatore di calore n. 1	Dissipatore di calore n. 2
Chip principale	t_{max} °F	94,6	80,9
	t_{med} °F	94,2	80,6
Dissipatore di calore	t_{max} °F	94,5	80,8
	t_{med} °F	94,1	80,4

Tabella 2: temperature massima e media calcolate sul chip principale con le due forme del dissipatore di calore.

Per definire la ventola nell'analisi di flusso forzato, il progettista può scegliere il profilo adatto da un elenco del database tecnico integrato in SolidWorks Flow Simulation.

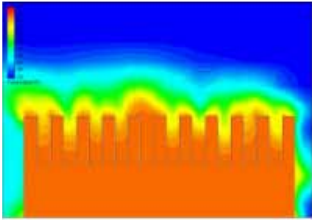


Figura 9: risultati dell'analisi in un grafico di sezione della temperatura della vista anteriore, ottenuto con il dissipatore di calore n. 1. La gamma cromatica a 30 colori rappresenta le temperature nell'intervallo da 50°F a 100°F.

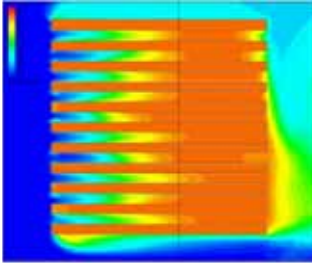


Figura 10: grafico di sezione della temperatura della vista superiore, ottenuto con il dissipatore di calore n. 1.

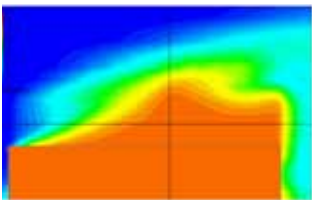


Figura 11: grafico di sezione della temperatura della vista laterale, ottenuto con il dissipatore di calore n. 1.

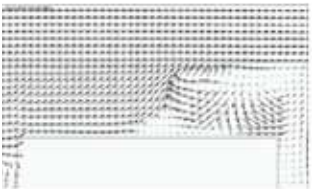


Figura 12: vettori di velocità della vista laterale, ottenuti con il dissipatore di calore n. 1.

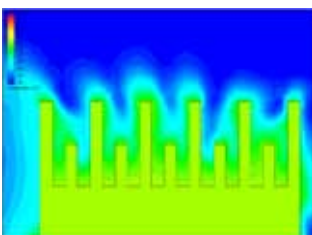


Figura 13: risultati dell'analisi in un grafico di sezione della temperatura della vista anteriore, ottenuto con il dissipatore di calore n. 2.

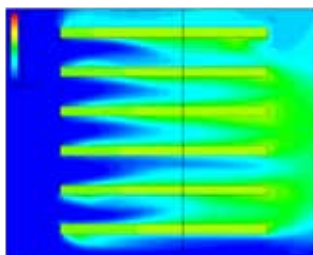


Figura 14: grafico di sezione della temperatura della vista superiore, ottenuto con il dissipatore di calore n. 2.

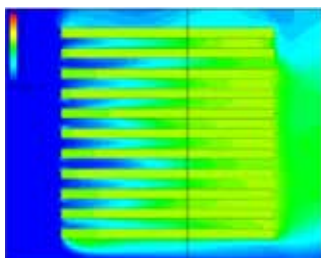


Figura 15: grafico di sezione della temperatura della vista laterale, ottenuto con il dissipatore di calore n. 2.

Finalità dell'analisi con SolidWorks Flow Simulation era la scelta della forma migliore del dissipatore di calore per il chip installato con altri componenti nell'involucro elettronico: i risultati dimostrano una riduzione delle temperature nel solido pari a 17,5% con il dissipatore di calore n. 2, dunque questa forma è la migliore.

Progetto 3: filtro per presidio medicale di aspirazione

In questo esempio, il progettista deve identificare la forma migliore per il filtro di un presidio medicale di aspirazione, dove è importante mantenere la massima portata ad una data aspirazione, limitare il ricircolo nel presidio e creare un profilo di velocità uniforme alla testa di aspirazione.

La figura 16 mostra il modello SolidWorks del presidio, con un filtro con tagli triangolari. Il flusso entra nel presidio attraverso una testa conica e scorre attraverso il filtro fino al tubo. Il progettista imposta il flusso interno nella Creazione guidata del progetto e definisce le condizioni di pressione in entrata e in uscita. L'obiettivo dell'analisi con SolidWorks Flow Simulation è stabilire la portata ad una data caduta di pressione per ambedue i filtri proposti - uno con tagli triangolari (illustrato nel modello) e l'altro con tagli circolari - quando sono installati sul presidio di aspirazione. In questo caso, oltre al valore calcolato per la portata, il progettista utilizza le traiettorie del flusso per illustrare i percorsi seguiti dalle molecole d'aria nel presidio. Inoltre, può creare l'animazione di queste traiettorie per visualizzare meglio i percorsi di flusso e le aree di ricircolo.

L'obiettivo dell'analisi con SolidWorks Flow Simulation è stabilire la portata ad una data caduta di pressione per ambedue i filtri proposti.



Figura 16



Figura 17: le due forme del filtro oggetto dello studio.

Parametro		Tagli triangolari	Tagli circolari
Flusso volumetrico	cm ³ / min	574,5	619,8

Tabella 3: portate volumetriche calcolate per ciascuna forma del filtro.

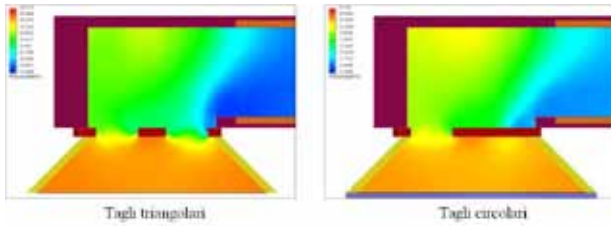


Figura 18: grafici di sezione della pressione per ciascun filtro. I profili di pressione dei due filtri sono simili.

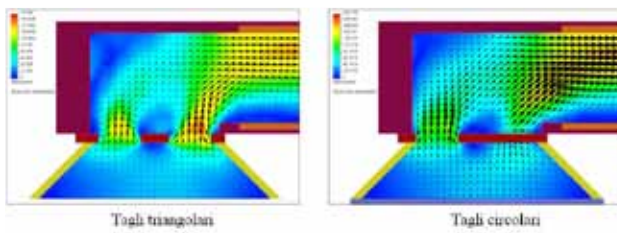


Figura 19: grafici di sezione della velocità con vettori di velocità per ciascun filtro. I profili di velocità dei due filtri sono simili in corrispondenza della testa di aspirazione.

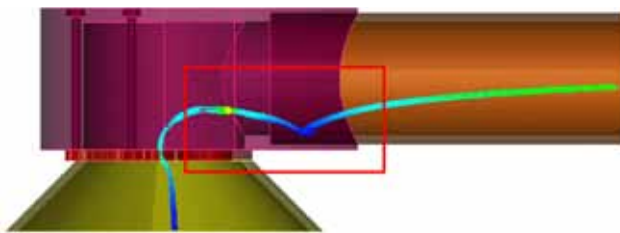


Figura 20: grafici di traiettoria indicanti l'area di ricircolo.

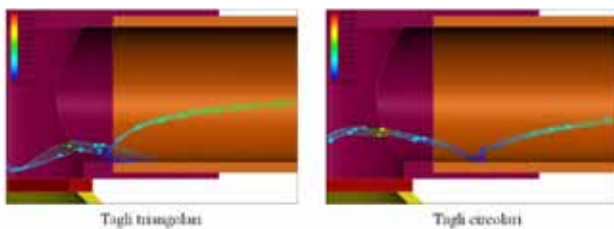


Figura 21: grafici di traiettoria nell'area di ricircolo per ciascun filtro. Nonostante entrambi i filtri presentino un'area di ricircolo, quella del filtro con tagli triangolari è maggiore.

Come indicato in precedenza, la finalità dell'analisi è selezionare il filtro migliore per il presidio. I risultati indicano una portata del 7,8% superiore con il filtro con tagli circolari. I profili di velocità alla testa di aspirazione sono paragonabili per entrambi i filtri. Il filtro con tagli circolari presenta un'area di ricircolo minore, per questo offre risposte meglio ai criteri di progettazione originali.

Progetto 4: forno da cucina

Nel progetto di un normale forno da cucina, il progettista può utilizzare SolidWorks Flow Simulation per studiare il flusso d'aria e la distribuzione della temperatura, al fine di ottimizzare il progetto e ottenere un ricircolo d'aria calda uniforme, importante per la cottura. Il programma CFD consente di studiare il trasferimento termico per conduzione, convezione e irraggiamento all'interno del forno.

La figura 20 mostra il modello SolidWorks del forno con tre griglie, ciascuna con una teglia per torte. Finalità dell'analisi con SolidWorks Flow Simulation è ottimizzare il flusso di aria calda, studiando la convezione naturale nel forno e controllando la temperatura di superficie finale della torta cotta. Il progettista introduce quindi aria calda a 120°C nella camera del forno, aumentando la temperatura iniziale di 20°C.

Finalità dell'analisi con SolidWorks Flow Simulation è capire quale griglia fornisca un flusso ottimale per l'aria calda, studiando la convezione naturale nel forno.

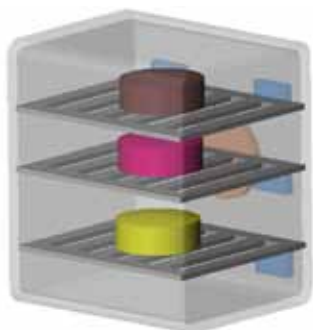


Figura 22: modello SolidWorks del forno con tre griglie, ciascuna con una teglia per torte.

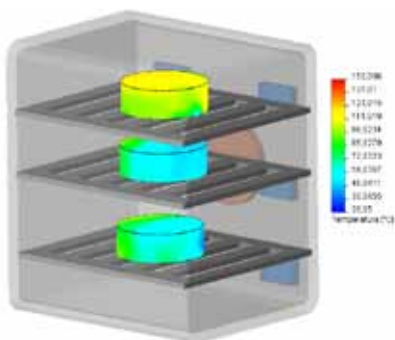


Figura 23: temperatura sulla superficie delle torte con il modello n. 1.

La figura 21 indica i risultati della temperatura di superficie, un riscaldamento non uniforme delle torte poste sulle griglie. Dato che l'aria calda è più leggera dell'aria fredda, tende a salire verso l'alto e la temperatura diminuisce nella parte inferiore del forno.

.....
 Dato che l'aria calda è più leggera dell'aria fredda, tende a salire verso l'alto e la temperatura diminuisce nella parte inferiore del forno.

Il progettista utilizza la Creazione guidata del progetto per impostare la simulazione del flusso interno, immettendo la temperatura iniziale del forno. Definisce quindi la velocità dell'aria calda e la sua temperatura alle sei bocche d'ingresso, così come la condizione di pressione all'uscita. Per visualizzare i risultati, può rappresentare graficamente la distribuzione della temperatura attorno alla torta e per visualizzare meglio la distribuzione del flusso d'aria può rappresentare in un grafico le traiettorie del flusso e i grafici del contorno della velocità in diverse sezioni.

SolidWorks Flow Simulation può inoltre stabilire se le prestazioni del forno sarebbero più efficienti aggiungendo deflettori per il flusso d'aria. Per ottimizzare il modello, il progettista può studiare la posizione ideale e il numero di bocche d'ingresso per l'aria calda nel forno.

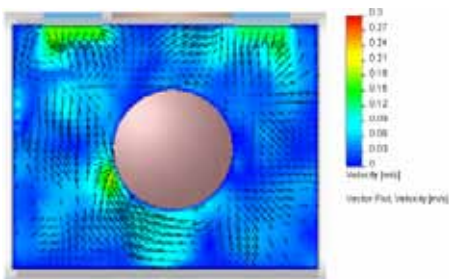


Figura 24: velocità e distribuzione dell'aria attorno alla torta sulla griglia superiore con il modello n. 2.

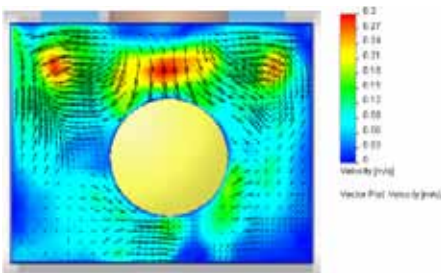


Figura 25: velocità e distribuzione dell'aria attorno alla torta sulla griglia inferiore con il modello n. 2.

.....
 SolidWorks Flow Simulation può inoltre stabilire se le prestazioni del forno sarebbero più efficienti aggiungendo deflettori per il flusso d'aria.

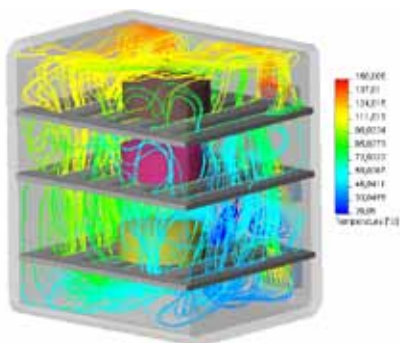


Figura 26: traiettorie di flusso nel forno delle griglie a cinque fessure, con relative temperature.

Progetto 5: valvola di controllo

In questo esempio, il progettista deve ottimizzare il modello di una valvola di controllo alla luce della minima perdita di pressione e per prevedere i possibili problemi di cavitazione.

Il progettista usa CFD per simulare il flusso d'aria interno attraverso la valvola. I risultati CFD indicano la velocità del flusso, la pressione e le traiettorie delle particelle e consentono quindi di interpretare il percorso del flusso nella valvola. SolidWorks Flow Simulation semplifica il calcolo della pressione alle aperture e dell'intero modello – dati che non si ottengono facilmente con le prove fisiche per le ovvie difficoltà insite nell'uso della strumentazione adatta.

La figura 27 mostra il modello 3D SolidWorks della valvola. Il progettista imposta la simulazione in SolidWorks Flow Simulation, definendo la velocità di ingresso dell'aria nella valvola e applica una pressione statica equivalente all'atmosfera sull'uscita.

SolidWorks Flow Simulation semplifica il calcolo della pressione alle aperture e dell'intero modello – dati che non si ottengono facilmente con le prove fisiche.

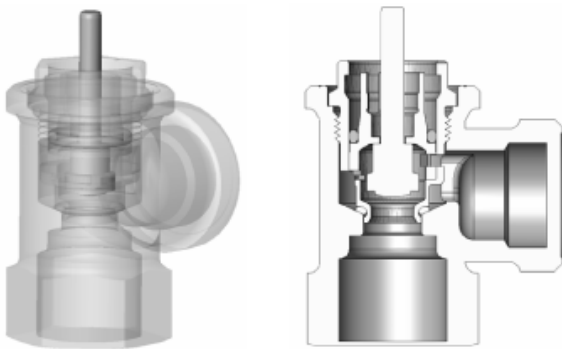


Figura 27: modello 3D di una valvola in SolidWorks.

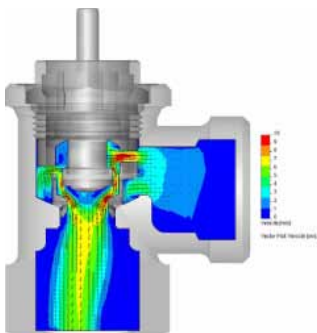


Figura 28: distribuzione della velocità con vettori di gradiente sull'intero modello.

Oltre ai grafici, SolidWorks Flow Simulation può generare una tabella con i valori di flusso di qualità punto, superficie o volume all'interno del modello.

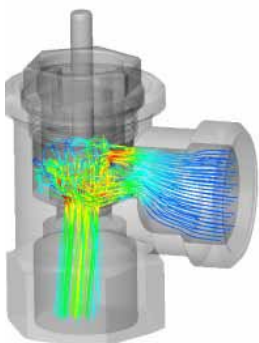


Figura 29: le traiettorie di velocità aiutano l'analisi del percorso del flusso.

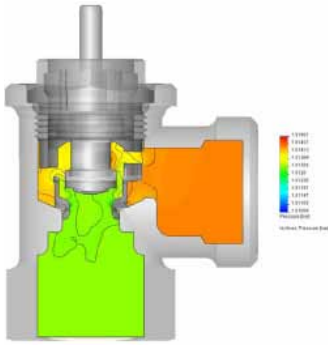


Figura 30: grafico di distribuzione della pressione con isobarre che mostrano la possibilità di cavitazione, che si dimostra non essere un problema nel caso di questa valvola di controllo.

I grafici di risultato della pressione indicano una minima perdita di pressione per questa valvola. La pressione nella regione di possibile cavitazione è diventata negativa per indicare che la valvola non presenterà cavitazione. Oltre ai grafici, SolidWorks Flow Simulation può generare una tabella con i valori di flusso di qualità punto, superficie o volume all'interno del modello.

Conclusioni

Qualche che sia il prodotto sviluppato, dissipatori di calore, dispositivo medicale, valvola di controllo o altro, il progettista deve sempre identificare il progetto migliore per evitare costi innessari e lungaggini dovute alla realizzazione di inutili prototipi per la finalità progettuale. La fluidodinamica computazionale offre strumenti per rispondere a queste necessità. SolidWorks Flow Simulation è uno strumento intelligente ed intuitivo per esaminare molteplici alternative progettuali e studiare i problemi di trasferimento della temperatura e dei fluidi al fine di ottimizzare un prodotto senza sprecare tempo e denaro.

Sede generale
Dassault Systèmes
SolidWorks Corp.
300 Baker Avenue
Concord, MA 01742 USA
Telefono: +1-978-371-5011
Email: info@solidworks.com

Sede europea
Telefono: +33-(0)4-13-10-80-20
Email: infoeurope@solidworks.com

Sede italiana
Telefono: +39-049-8077863
Email: infoitaly@solidworks.com

