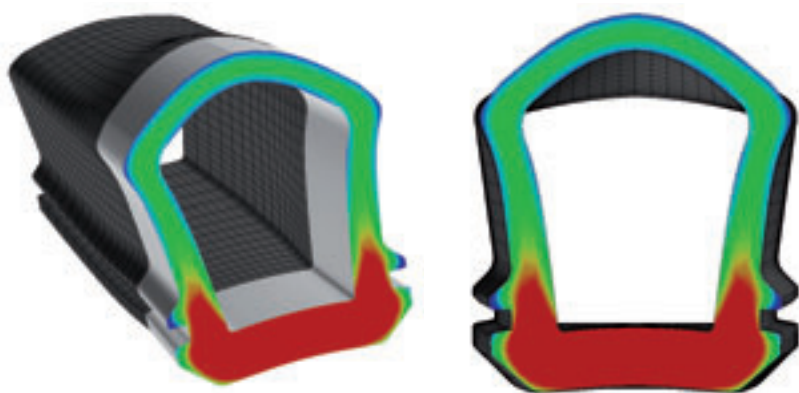


# CFD per materiali polimerici



## Profilo di velocità sulla sezione di ingresso allo stampo.

Utilizzando la capacità di progettazione inversa del software Polyflow, lo stampo può essere calcolato automaticamente in modo che dia la forma di estruso ricercata.

L'azienda Derby Cellular Products è specializzata nella produzione di guarnizioni stampate ed estruse per automobili, mezzi commerciali e agricoli, fuori strada, sistemi di filtrazione aria e altre applicazioni, fabbricate in materiale polimerico: etilene propilene diene monomero (Epdm). La società ha recentemente incontrato difficoltà a produrre efficientemente una guarnizione Epdm per una geometria complessa. Il piano iniziale era quello di produrre la parte utilizzando uno stampo a singola cavità. A causa della geometria complessa, sono stati necessari circa venti tentativi sulla linea di estrusione per un costo complessivo di circa 16mila dollari. Piuttosto che continuare i tentativi di ottimizzare lo stampo a singola cavità,

Derby Cellular Products ha deciso di utilizzare la fluidodinamica computazionale (CFD) per valutare se la parte potesse essere ottenuta utilizzando uno stampo a due cavità, oltre che per valutare le capacità delle analisi CFD.

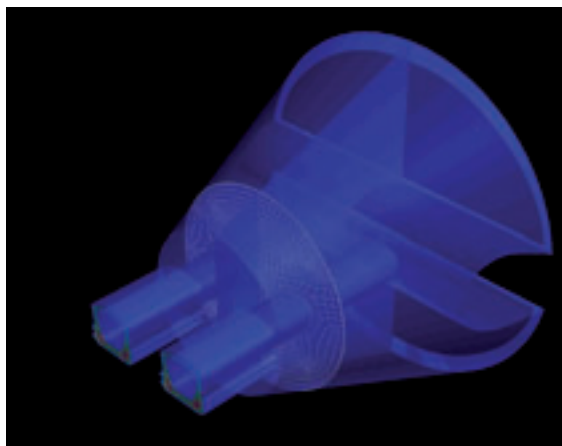
## I vantaggi della simulazione

La simulazione CFD di processi di estrusione fornisce informazioni sulle caratteristiche del flusso, tra cui velocità, pressione, sforzi a parete e valori di temperatura, all'interno di stampi e collettori complessi. Il progettista dello stampo può indagare come i cambiamenti all'interno dello stampo o alle porte di alimentazione incidano sull'uniformità del flusso all'u-

Per la modellazione di stampi di parti in gomma la simulazione al computer ha permesso di ridurre i costi di estrusione del 50 per cento.

Questo risultato

si è ottenuto grazie a un programma CFD specifico, in grado di trattare il flusso di polimeri in problemi complessi



**Modello fluido estratto**  
dal modello CAD solido.

scita (die-balance). La CFD può essere utilizzata anche per calcolare la forma dell'estruso da un dato stampo, consentendo studi parametrici dettagliati che riducono in maniera significativa i tempi e costi della sperimentazione e dell'intero ciclo di progettazione.

La maggior parte dei software CFD non è in grado di trattare il flusso di polimeri per problemi complessi che coinvolgono non-linearità oppure viscoelasticità, shear-thinning, riscaldamento viscoso, superfici libere e geometrie articolate. Al contrario, il software Polyflow prodotto da Ansys è stato selezionato per eseguire l'analisi perché possiede tali capacità, oltre a una funzionalità di progettazione 'inverse die design' del tutto unica. Dopo aver specificato il profilo desiderato per l'estruso e le proprietà del materiale, questa funzionalità incarica il software di calcolare nel dettaglio la forma richiesta per lo stampo. Il software Polyflow contiene anche una libreria di modelli reologici in grado di affrontare le non linearità dei flussi di materiali polimerici.



**Estrusione dual**  
di una guarnizione in Epdm.



## Il progetto dello stampo

L'estrusione con stampo a due cavità è stata modellata partendo dall'importazione in Polyflow del modello solido del design iniziale per analizzarne il die-balance.

Il modello geometrico, file in formato Step, è stato importato nel pre-processore Gambit per la pulizia della geometria, l'identificazione del volume fluido e la generazione della griglia di volume necessaria per l'analisi CFD. I confini del modello 3-D sono costituiti dalla piastra posteriore comprendente i due ingressi di materiale,

dalla piastra mediana adattatrice dalle pareti dello stampo e dalla sezione di uscita del materiale. Le due cavità hanno inizio nello stampo. La conformazione e lunghezza dello stampo giocano un ruolo fondamentale nel determinare il fattore di deformazione (swell factor). Durante il processo di creazione della griglia di calcolo, è stata dedicata particolare cura nel garantire che la griglia sia adeguatamente fine per dare la corretta risoluzione di dettaglio anche nelle zone più piccole.

Inizialmente, il flusso di polimero attraverso lo stampo è stato simulato per bilanciare il flusso tra le due cavità. Sono stati poi modellati diversi casi in cui è stato esaminato l'effetto della modifica delle condizioni operative sul comportamento del flusso attraverso lo stampo. È stato accertato che l'aumento di lunghezza riduce il fattore di swell del polimero perché il suo tempo di permanenza supplementare nello stampo consente alle molecole polimeriche di allinearsi correttamente lungo la direzione di flusso.

Una volta completato il die-balance, è stata ese-

guita un'analisi inversa di estrusione per determinare la geometria del labbro. Per questo è stato costruito un modello CAD 3D costituito da due sotto-domini, il primo per lo stampo e il secondo per la superficie libera che si estende al di là del labbro. Le prime simulazioni sono state mirate a determinare il valore del coefficiente di attrito a parete, che svolge un ruolo cruciale nelle analisi di estrusione inversa.

## Fluidi newtoniani e polimerici

Mentre i fluidi newtoniani classici, costituiti da molecole piccole, tendono ad aderire alle pareti, i fluidi polimerici, costituiti da lunghe catene molecolari, ad alte pressioni hanno la tendenza a scivolare lungo le pareti, e l'entità dello scorrimento ha un effetto importante sul processo di estrusione. Si è partiti assumendo che il polimero scivoli lungo la parete a una velocità pari al 25 per cento della velocità media, si è cercato il coefficiente di attrito corrispondente, e questo valore è stato poi utilizzato per eseguire l'analisi di estrusione inversa. Per determinare la migliore geometria del labbro, si è valutato lo swell factor e simultaneamente si è adattata la geometria così da raggiungere la forma desiderata del prodotto.

Quindi lo stampo a due cavità è stato fabbricato e messo in opera sulla linea di estrusione. La forma del profilo è risultata vicina a quella desiderata, ma non esattamente la stessa. La differenza è attribuibile al fatto che il polimero scivola per più del 25 per cento sulle pareti. Perciò il modello è stato modificato con considerare il coefficiente di attrito a un livello tale da rappresentare le condizioni reali. La simulazione inversa è stata poi ripetuta ed è stata generata una nuova geometria del labbro. A seguito di questa simulazione, è stato fabbricato un nuovo stampo che, nel test sulla linea di estrusione, ha prodotto un profilo con l'effettiva geometria desiderata.

Utilizzando la simulazione per sostituire il lungo processo trial-and-error precedente, il costo di produzione è stato ridotto di circa il 50 per cento.

*A. Saeed, Derby Cellular Products.*

[readerservice.it](http://readerservice.it) n. 53