

## Stampi con raffreddamento conforme - come ridurre i tempi di ciclo e migliorare la qualità dei pezzi

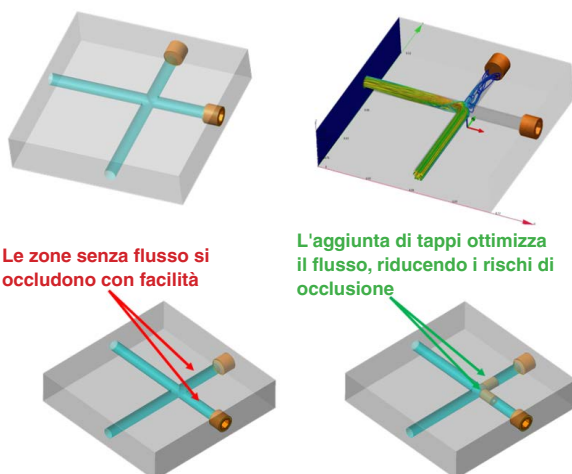
Lo stampaggio a iniezione consente di realizzare prodotti in plastica con dettagli complessi ed intricati, spesso in lotti di piccole dimensioni, con tolleranze ripetibili ed elevata qualità superficiale.

Per i produttori di stampi, questo significa offrire ai clienti strumenti in grado di replicare perfettamente il progetto 3D con il minimo tempo ciclo. Ma il raffreddamento del componente in plastica mentre si solidifica all'interno dello stampo è un fattore critico, di cui risentono sia il tempo ciclo, sia la qualità del prodotto finale.

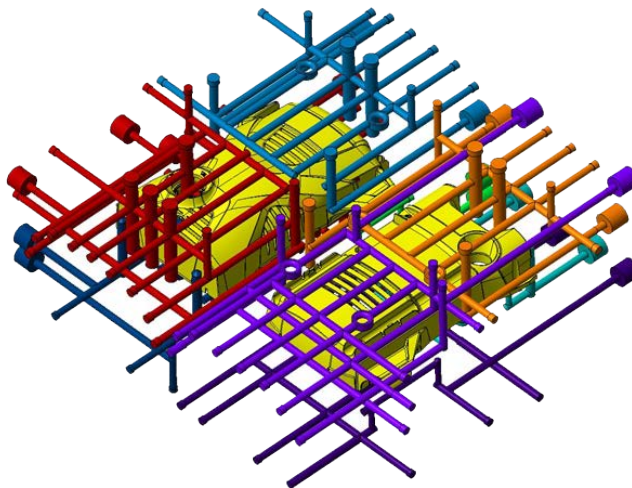
Il principio di base del raffreddamento conforme è ridurre la temperatura del pezzo in plastica rapidamente e uniformemente. Il pezzo può essere rimosso dallo stampo solo quando la sua temperatura sia scesa al punto da consentirne il distacco dallo stampo stesso. Qualsiasi punto ancora caldo ne ritarda il rilascio e può causarne deformazioni e segni di ritiro, compromettendone inoltre la qualità superficiale.

Il raffreddamento rapido si ottiene grazie al passaggio di un fluido attraverso i canali ricavati nello stampo, in modo che il calore estratto dal componente in plastica e dallo stampo in metallo sia poi rimosso tramite il fluido stesso. La velocità e l'uniformità di tale effetto di raffreddamento dipendono da quanto i canali del fluido seguano da vicino la superficie dello stampo, e dalla portata di refrigerante che li attraversa.

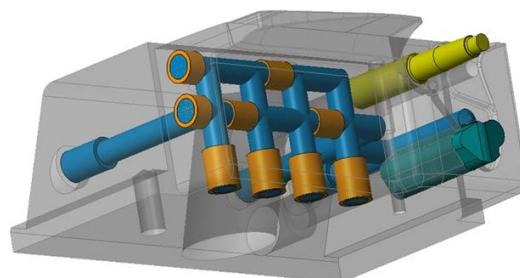
Il metodo convenzionale per realizzare i canali di raffreddamento nello stampo è tramite operazioni secondarie di lavorazione. Tali canali vengono prodotti tramite foratura trasversale per creare una rete rettilinea interna di tubi e poi utilizzando tappi per limitare il flusso di liquido.



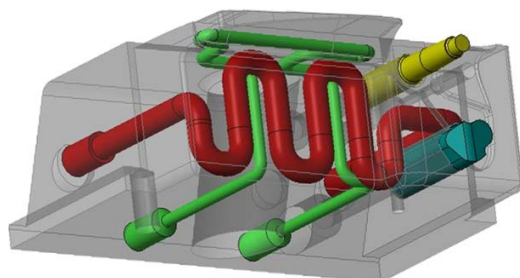
Ma questo approccio risente di alcune limitazioni quando si sta progettando un cursore con raffreddamento conforme, come mostrato di seguito. Le forme possibili della rete di



canali sono limitate perché devono essere più profonde rispetto alla superficie dello stampo, quindi il raffreddamento è meno efficiente. Inoltre, è necessario tenere conto delle ulteriori tempistiche richieste per la lavorazione e l'assemblaggio, nonché dei punti morti che possono occludersi nel tempo. Nei casi più complessi, i canali di raffreddamento conforme possono essere realizzati solo creando il pezzo da più sezioni, il che implica però ulteriori giunzioni e riduce la durata dello stampo.



La produzione additiva consente di eliminare le limitazioni della foratura trasversale. Ora è possibile progettare canali interni che seguano la superficie dello stampo, con spigoli smussati che accelerino il flusso e aumentino il trasferimento di calore al refrigerante. Nel seguente esempio, i circuiti di raffreddamento sono distinti per le diverse aree del cursore e progettati in modo da rimuovere il calore ad una velocità costante per garantire un raffreddamento uniforme.



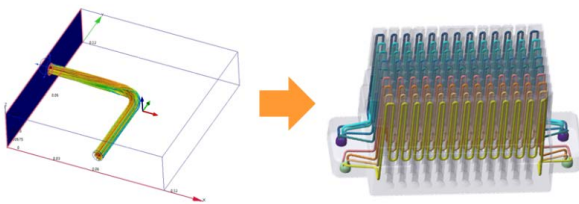
## Massimizzazione ed equalizzazione del flusso

La portata di refrigerante attraverso lo stampo è fondamentale per aumentare la velocità di raffreddamento. I canali del fluido devono essere quindi progettati con curve raccordate per minimizzare le perdite di pressione lungo il canale. La produzione additiva consente di realizzare canali di diametro pari ad appena 1,4 mm e lunghezza di 1.100 mm.

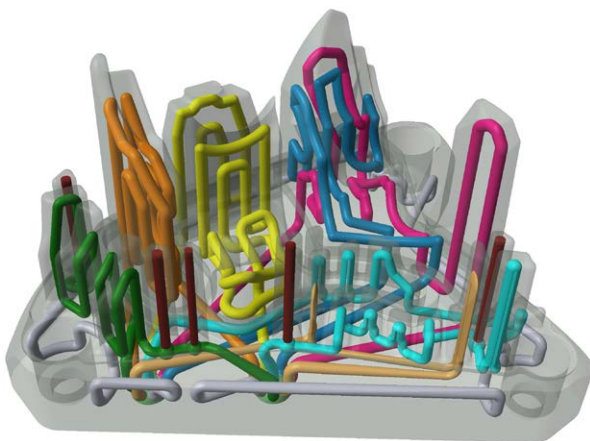
Un utile vantaggio della produzione additiva a strati è che le superfici dei canali di raffreddamento risultano leggermente testurizzate. Questo aumenta l'area della superficie all'interno del canale, quindi favorisce il trasferimento termico e crea un flusso turbolento autopulente.

## Esempi di applicazione

Nel seguente esempio, un complesso stampo con diverse 'dita' sottili distribuiti su nove file viene raffreddato da una rete di canali che si spingono all'interno di ciascun dito. Il raffreddamento uniforme e rapido viene facilitato da due collettori di ingresso che suddividono il flusso in cinque, e da quattro canali paralleli di pari diametro e lunghezza. In questo caso, la lunghezza totale dei canali di raffreddamento supera i dodici metri!



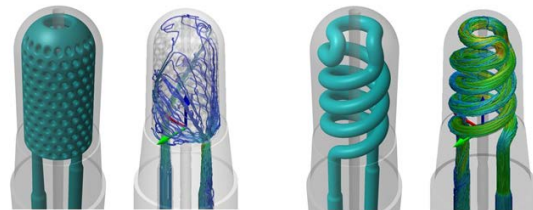
Uno stampo di forma irregolare può essere raffreddato anche tramite più canali di pari diametro e lunghezza. In questo caso, nello stampo sono stati incorporati otto canali di raffreddamento, ciascuno con un diametro di 3 mm e lunghezza identica. Gli otto canali sono tutti collegati a porte di ingresso ed uscita di diametro pari a 10 mm, per equalizzare il flusso.



## Tecniche di raffreddamento a rete e a canale

Un'altra considerazione da fare è come progettare le strutture interne attraversate dal refrigerante. Una tecnica diffusa prevede la progettazione di una rete di canali a maglia con tubi singoli di ingresso ed uscita, dove il refrigerante sia libero di fluire senza restrizioni all'interno della rete. Tuttavia, osservando il flusso simulato in una rete di questo tipo, notiamo che è basso e irregolare; la bassa portata di refrigerante riduce la velocità di raffreddamento ottenibile e aumenta il rischio di depositi nelle regioni a flusso più basso.

Le seguenti immagini mostrano una rete di canali a maglia con un unico canale ottimizzato e ininterrotto. La coppia di immagini a sinistra mostra il design a maglia e il flusso simulato che attraversa la rete: molto flusso a bassa velocità e non distribuito uniformemente. La coppia di immagini a destra mostra invece un canale di raffreddamento ininterrotto con un flusso continuo, coerente ed uniforme. Con le stesse dimensioni dei canali di ingresso ed uscita, la portata di refrigerante è superiore di oltre 50% per il canale continuo, determinando così un raffreddamento molto più rapido.



## Impatto della produzione additiva sul tempo ciclo

L'impatto del raffreddamento migliorato sul tempo ciclo di stampaggio varia da un'applicazione all'altra, ma può arrivare al 70%. Nel seguente esempio, l'inserito in AM di uno stampo a due cavità per un raschiaghiaccio ha ridotto il tempo ciclo di stampaggio da 80 a 40 secondi, raddoppiando la produzione di pezzi nell'unità di tempo.

Altri vantaggi notevoli offerti dal raffreddamento conforme includono la produzione di pezzi più omogenei con zero difetti, nonché l'eliminazione dei segni di ritiro causati da velocità di raffreddamento non uniformi. La maggiore stabilità dimensionale contribuisce inoltre alla riduzione del numero di tentativi per l'adattamento e la correzione dei nuovi progetti. In più, naturalmente, la produzione additiva consente di progettare e realizzare stampi anche molto complessi con tempi di consegna ridotti.



Si noti però che, per diverse applicazioni di stampaggio, la qualità superficiale ottenibile con i processi di produzione additiva non è sufficiente. Gran parte degli stampi prodotti in AM viene sottoposta a finitura a macchina e lucidatura, per ottenere la precisione superficiale desiderata.

## Riepilogo

La produzione additiva offre ai progettisti di stampi la libertà di incorporare in essi canali di raffreddamento interni complessi, che possono essere progettati per massimizzare il trasferimento termico e produrre un effetto di raffreddamento rapido e uniforme. Questo conduce a risparmi sui costi di produzione in termini di tempi di ciclo, meno scarti e maggiore durata dello stampo, nonché a una migliore qualità dei prodotti.

## Informazioni sull'autore

### **Marc Saunders, Director of AM Applications**

Marc Saunders vanta più di 25 anni di esperienza nella produzione high-tech. In Renishaw, ha già avuto in precedenza un ruolo fondamentale nello sviluppo della piattaforma di lavorazione automatica RAMTIC e nell'offrire soluzioni metrologiche chiavi in mano a importanti clienti del settore aerospaziale.

Marc gestisce la rete globale di Solution Center per la stampa 3D di Renishaw, che consente ai clienti che stanno prendendo in considerazione il passaggio a questo metodo di produzione di provarlo nella pratica, prima di impegnarsi in una nuova struttura.

[www.renishaw.it/additive](http://www.renishaw.it/additive)