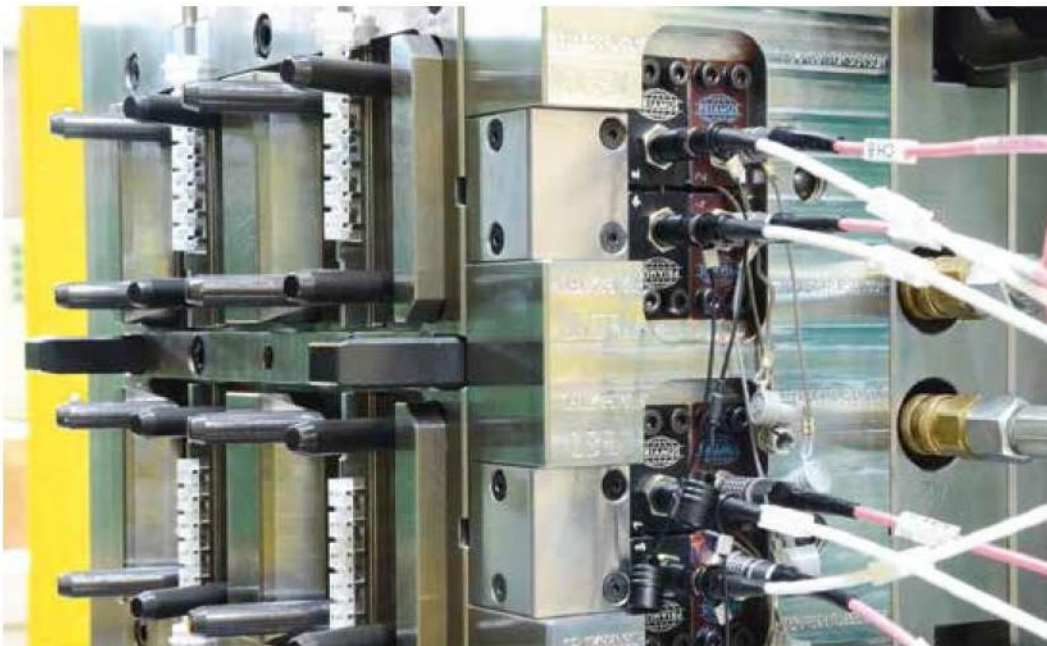


La qualità non viene mai da sé

Sulzer Mixpac analizza l'efficienza dei sistemi di controllo basati su sensori

Nel corso degli anni, il mondo dello stampaggio ad iniezione ed i relativi standard qualitativi sono cambiati. Sebbene alcuni dogmi continuano ad influenzare la mentalità di alcuni trasformatori, esiste un principio universalmente accettato: senza sensori nello stampo od applicati direttamente sul manufatto stampato, è impossibile sia individuare ed eliminare gli scarti, che controllare e regolare in maniera selettiva le variazioni di processo. Questa tecnologia rappresenta infatti, in ogni caso, un prerequisito essenziale per una produzione affidabile, stabile e automatizzata.



Lo stampo a 4 impronte a canale caldo fabbrica elementi di miscelazione per la lavorazione di compound bicomponente presso Sulzer Mixpac (foto: Priamus)

Uno degli equivoci più frequenti nel settore delle materie plastiche consiste nel pensare che sia possibile fare a meno di sensori interni allo stampo, e che sia sufficiente misurare la pressione del fuso all'interno dell'ugello. Tale approccio, tuttavia, si rivela tutt'altro che efficiente sotto diversi punti di vista. Al contrario del manufatto contenuto nello stampo, il fuso presente nell'ugello pressa non si raffredda mai durante il processo di produzione, cosa che rende impossibile trarre conclusioni in merito alla qualità del pezzo stampato, ad esempio per quanto riguarda il suo ritiro.

Inoltre, nei casi in cui vengono utilizzati degli ugelli a valvola, la pressione del fuso all'interno dell'ugello fornisce informazioni soltanto fino a quando gli ugelli rimangono aperti.

Infine, la misurazione della pressione del fuso non consente, naturalmente, un'analisi del flusso del materiale negli stampi multi-impronta o per manufatti di grandi dimensioni, equipaggiati con numerosi punti di iniezione.

Conseguenze ben più gravi possono derivare dal diffuso equivoco dell'"impronta digitale". Sin dagli anni '90, è stato detto e ripetuto che, fino a quando la curva relativa alla pressione nell'impronta, ritenuta l'impronta digitale del processo, rimane entro determinati valori di riferimento, il processo procede correttamente. All'atto pratico, questa teoria si riduce spesso all'unica condizione del rispetto dei valori di pressione massima.

A un'analisi più attenta, tuttavia, appare evidente come un bilanciamento termico diverso, a livello di fuso e di superficie dello stampo, possa comportare condizioni completamente differenti.

In termini più semplici, i medesimi valori di pressione all'interno dell'impronta non indicano necessariamente che anche i manufatti stampati siano identici. Di conseguenza, pressioni interne uguali non corrispondono affatto a distanze di scorrimento uguali. Il bilanciamento degli stampi multi-impronta in base a una determinata pressione andrebbe pertanto effettuato con grande cautela.

Il rilevamento automatico del fronte del fuso è ...

Sin dagli esordi dello stampaggio a iniezione, l'obiettivo qualitativo perseguito dai costruttori di presse si è sempre ridotto a un unico mantra: più è precisa la macchina, più è preciso il manufatto stampato. È interessante notare come questo principio abbia subito un'evoluzione, nel corso degli ultimi anni. »

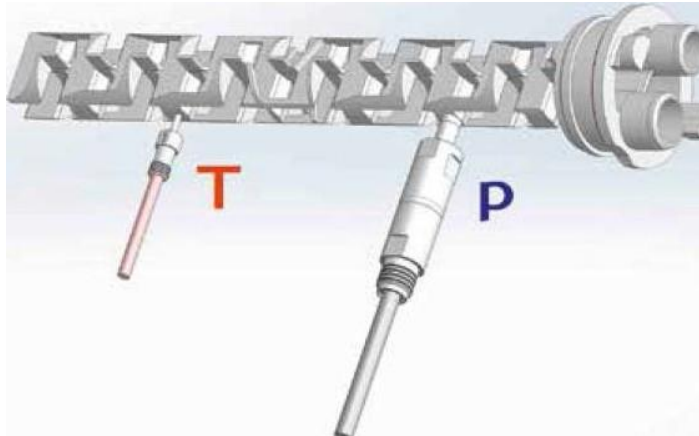


Figura 1: Per lo stampaggio a iniezione dell'elemento di miscelazione, sono stati installati, all'interno di ciascuna impronta, un sensore di pressione (P) e, prima della fine del percorso di riempimento, un sensore di temperatura (T), al fine di monitorare e controllare la viscosità del fuso nella direzione di scorrimento.

Da quando Priamus System Technologies AG, con sede a Schaffhausen, in Svizzera, costruttore di sistemi di monitoraggio e controllo della qualità, ha incominciato ad adottare una nuova strategia, i principali produttori di presse hanno iniziato a lanciare sul mercato soluzioni simili. Il principio di base è sempre lo stesso: al fine di ottenere una qualità costante, occorre adattare i parametri della pressa durante il processo di produzione, in maniera tale da compensare le continue variazioni che si verificano [2].

Ciò si applica, nello specifico, ai processi di transizione automatica alla pressione di mantenimento, e ai processi automatici di auto-correzione nel sistema di controllo della pressa e nel canale caldo. In questo caso,

tuttavia, il controllo dei parametri possono garantire soltanto un successo molto limitato, se non vi è la possibilità di ottenere un riscontro dall'impronta. Il bilanciamento automatico di uno stampo a canale caldo, ad esempio, resta impossibile se non si ricorre a sensori installati all'interno dello stampo.

Al fine di verificare la praticità dei sistemi di controllo di processo basati su sensori, Sulzer Mixpac AG, con sede a Haag, in Svizzera, si è già dichiarata pronta a implementare e testare diversi sistemi di controllo Priamus. Sulzer occupa una posizione di leadership nel comparto delle tecnologie di produzione per compound mono e bicomponente. Il catalogo dell'azienda include miscelatori, cartucce e dispositivi di

erogazione per il dosaggio, la miscelazione e l'applicazione di adesivi, sigillanti e rivestimenti destinati ad applicazioni sanitarie, dentistiche, edilizie e industriali.

Durante le prove pratiche, uno stampo a canale caldo dotato di 4 impronte è stato equipaggiato con un sensore di pressione (modello: 6010BC) e con un sensore di temperatura nell'impronta (modello 40108; costruttore: Priamus in entrambi i casi). I sensori sono stati configurati in modo tale da consentire il calcolo, il monitoraggio e il controllo automatico, durante la produzione, rispettivamente del comportamento reologico e della viscosità (Fig. 1).

Il manufatto stesso è un elemento di miscelazione EBT.7.5-12-CV01, utilizzato per la lavorazione dei compound bicomponente di tutte le tipologie, ad esempio per fabbricare stampi dentali, ponti temporanei e cemento osseo. L'obiettivo degli studi effettuati consisteva nel mantenere la qualità del manufatto il più possibile costante in condizioni di processo realistiche e in presenza di fattori di disturbo.

...la base di ogni controllo di processo

Ogni variazione in sede di processo, sia essa provocata da una modifica delle impostazioni della pressa, da canali caldi sbilanciati o da cambiamenti di viscosità tra un lotto di produzione e il successivo,

Senza monitoraggio di processo	Senza controllo di processo		Con monitoraggio di processo	Con controllo di processo
Gli scarti non vengono rilevati Gli scarti non vengono separati	Processo non controllato Spedizione degli scarti Variazione della viscosità Variazione della qualità dei manufatti Variazioni nel dosaggio Flusso disomogeneo	Stampate incomplete	Gli scarti vengono rilevati Gli scarti vengono separati Esempi: Monitoraggio della pressione massima ▪ Monitoraggio della viscosità nell'impronta ▪ Monitoraggio del tempo di transizione nell'impronta ▪ Monitoraggio del tempo di riempimento nell'impronta ▪ Monitoraggio della temperatura della superficie dello stampo ▪ Monitoraggio dei valori integrali (prestazioni di raffreddamento)	Il processo viene adattato automaticamente Manufatti completi garantiti Esempi: ▪ Transizione automatica alla pressione di mantenimento ▪ Bilanciamento automatico del canale caldo ▪ Controllo automatico del canale caldo ▪ Controllo automatico della viscosità nell'impronta ▪ Controllo automatico della compressione ▪ Controllo automatico del ritiro ▪ Controllo automatico del punto di iniezione
		Variazioni tra i lotti di materiale		
		Cilindro usurato		
		Stampo usurato		
		Canale caldo usurato		
	Variazioni nei parametri della pressa			
Impossibile compensare le variazioni di temperatura	Variazioni di temperatura			
Impossibile determinare il bilanciamento del processo	Ottenere il bilanciamento richiede tempo	Cicli di avvio	Scarti ridotti al minimo	Il processo si adatta automaticamente, il bilanciamento del processo può essere ottenuto rapidamente

Tab. 1

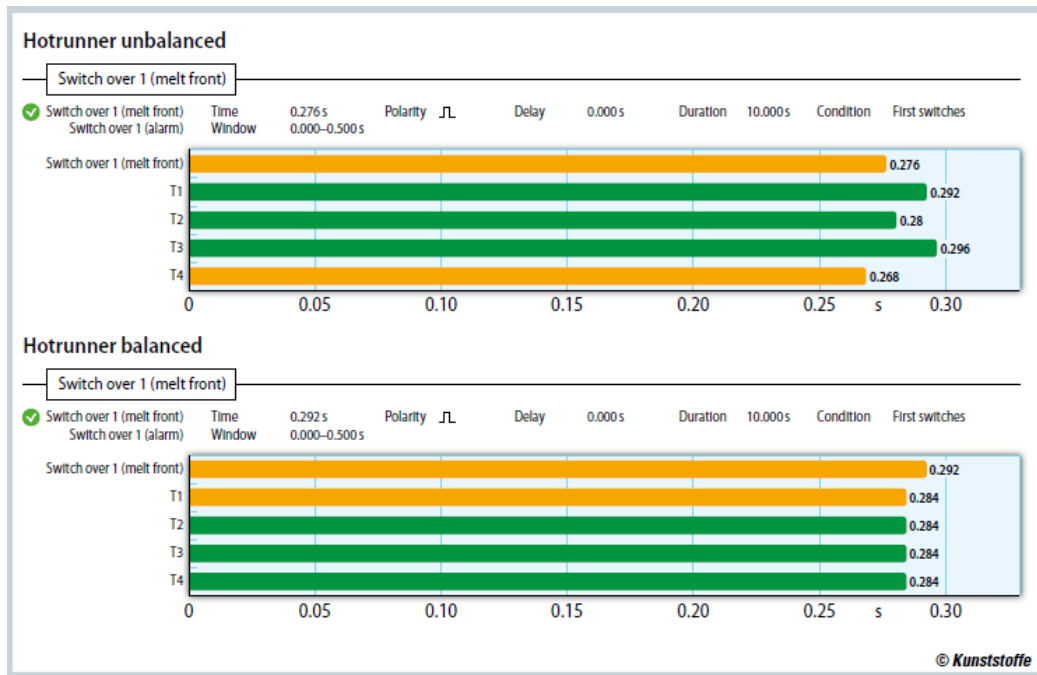


Figura 2: Il fronte del fuso viene rilevato automaticamente in ciascuna impronta nel momento in cui esso raggiunge il sensore di temperatura. Il primo segnale rilevato viene preferibilmente utilizzato per la transizione automatica alla pressione di mantenimento; i quattro segnali insieme vengono impiegati per il bilanciamento del canale caldo.

Il riempimento delle quattro impronte avviene contemporaneamente soltanto una volta raggiunto il bilanciamento.

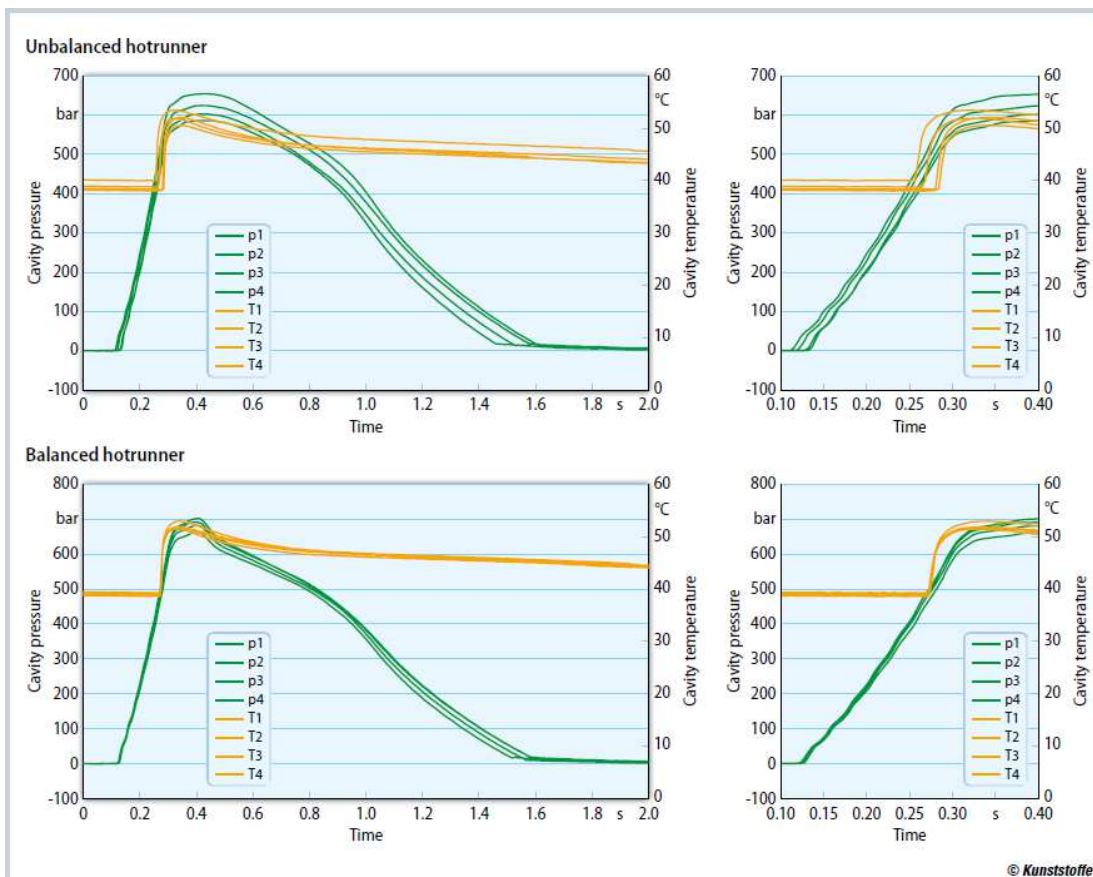
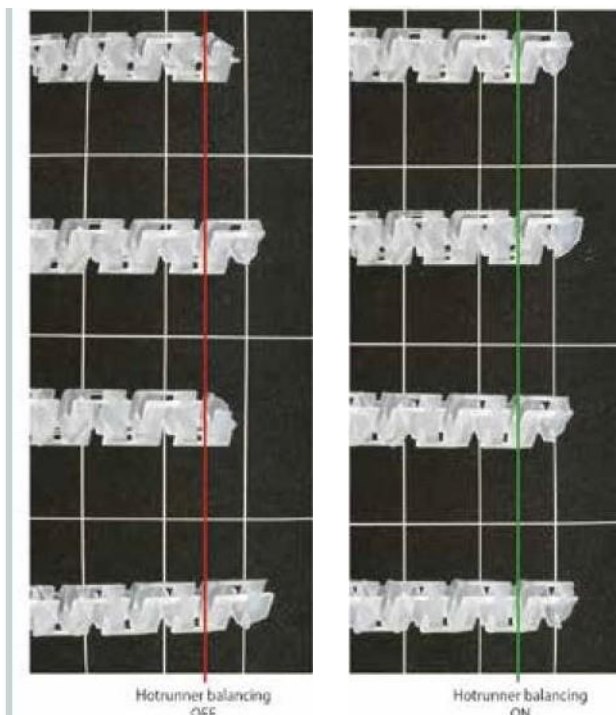


Figura 3: Anche in condizioni di bilanciamento, le curve di pressione delle quattro impronte differiscono fra loro. Nel dettaglio ingrandito (a destra) è possibile osservare come la variazione del tempo di riempimento nelle curve di temperatura non corrisponda a quella mostrata dalle curve di pressione

Figura 4: Le diverse lunghezze del percorso di riempimento in uno stato di sbilanciamento (a sinistra) contrastano in maniera evidente con le lunghezze pressoché identiche ottenute in condizioni di bilanciamento (a destra)



transizione alla pressione di mantenimento viene regolata in maniera automatica. Senza il rilevamento del fronte del fuso e la commutazione automatica in post pressione, risulta pressoché impossibile eseguire un controllo di processo automatico.

Bilanciamento automatico del canale caldo

Soprattutto in presenza di stampi multi-impronta, è consigliabile bilanciare prima il canale caldo, al fine di garantire un riempimento simultaneo di tutte le impronte. Il rilevamento del fronte del fuso consente di determinare i diversi tempi di riempimento per ciascuna impronta, successivamente analizzati dal sistema di controllo Priamus (modello 7080A Fillcontrol Control H). In condizioni di sbilanciamento, gli iniettori a canale caldo vengono regolati automaticamente fino a ottenere tempi di riempimento identici per tutte le impronte (Fig. 2).

Come sottolineato in precedenza, le curve di pressione non presentano una corrispondenza perfetta con le curve di temperatura (Fig. 3). Ciò è da attribuirsi principalmente al fatto che i segnali di temperatura si attivano esattamente nel momento in cui il fuso plastico entra in contatto con i sensori. Le differenze di pressione tra un'impronta e l'altra al momento dell'attivazione del segnale di pressione, d'altro canto, non sono costanti, ma variano con l'aumentare della pressione.

Al fine di illustrare l'evoluzione del bilanciamento del canale caldo, si è provveduto ad alterare significativamente e deliberatamente la temperatura degli ugelli a canale caldo, per sottoporli a un controllo automatico in condizioni di bilanciamento.

richiede inevitabilmente anche un adattamento della transizione alla pressione di mantenimento. Se questa transizione non viene adeguata in maniera automatica, ogni variazione determina un cambiamento della quantità del materiale iniettato e, di conseguenza, una qualità finale inevitabilmente disomogenea.

Tuttavia, i sistemi Priamus rilevano automaticamente il momento in cui il materiale fuso raggiunge la posizione del sensore di temperatura.

Ciò consente di compensare le differenze in termini di velocità di scorrimento nell'impronta, mentre la

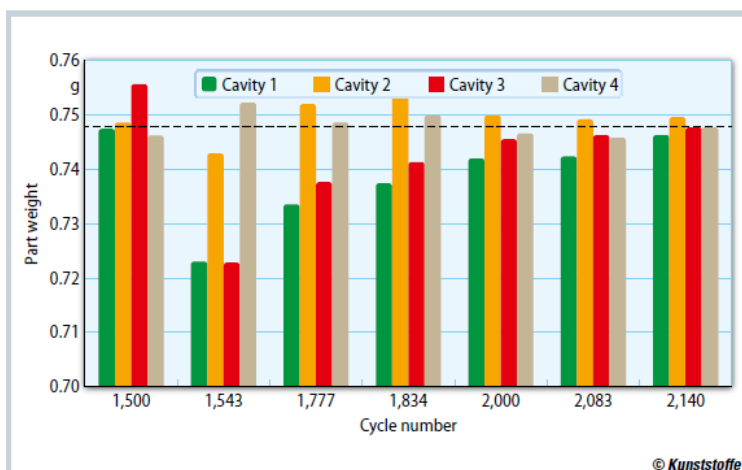
L'autore

Christopherus Bader ricopre il ruolo di direttore generale di Priamus System Technologies AG, con sede a Schaffhausen, in Svizzera, dal 2001.

Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare Tobias Tönz, esperto di tecnologia di processo, in forza alla divisione Tecnologie di produzione di Sulzer Mixpac AG, con sede a Haag, in Svizzera

Figura 5: Il bilanciamento del canale caldo influisce direttamente sul peso del manufatto. Nel ciclo 1.543, il peso dei quattro componenti stampati risulta sensibilmente differente a causa delle condizioni di sbilanciamento, mentre dopo il bilanciamento (ciclo 2.140) il peso dei quattro manufatti è pressoché identico



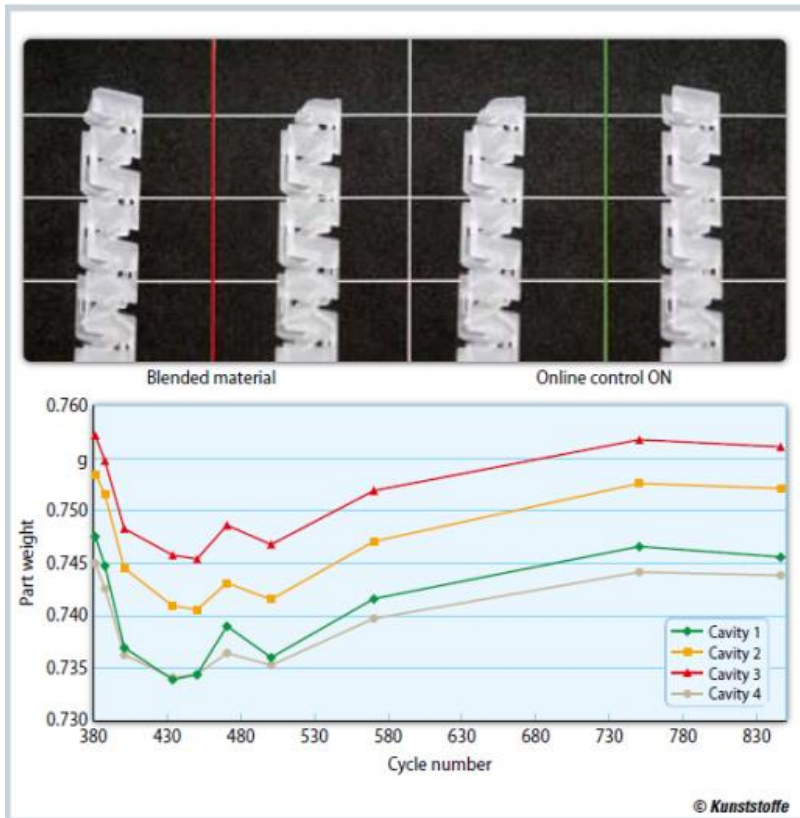


Figura 6: Sono state simulate variazioni tra un lotto e l'altro mescolando due gradi diversi di polipropilene. A causa della differente viscosità, sia il peso che il livello di riempimento dei manufatti varia immediatamente dopo l'aggiunta del secondo materiale. Attivando il controllo della viscosità, i valori originali vengono automaticamente ripristinati

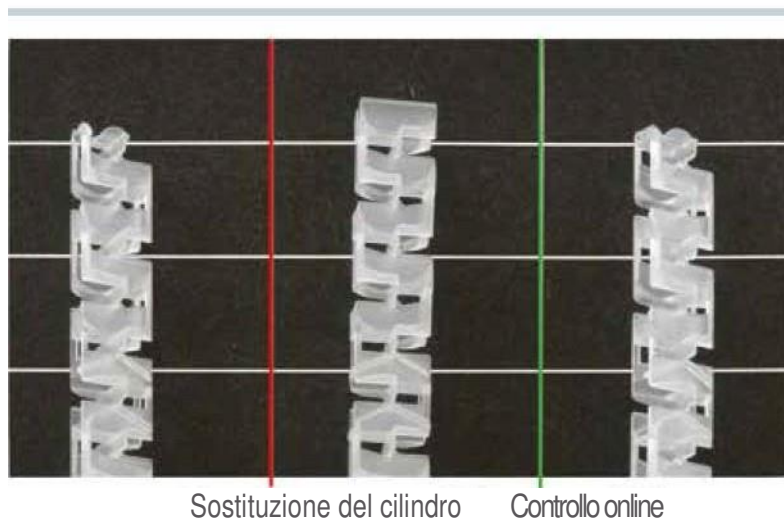


Figura 7: Dopo la sostituzione del cilindro, le impronte sono state riempite completamente; successivamente, le condizioni originali sono state ripristinate con l'ausilio del controllo automatico della viscosità. Si è optato per la configurazione con riempimento parziale al fine di consentire una valutazione visiva dei percorsi del materiale.

Al contempo, è stata scelta una configurazione di base in cui gli stampi non vengono riempiti completamente, in maniera tale da poter individuare visivamente le diverse lunghezze dei

canali di alimentazione (in condizioni di bilanciamento e sbilanciamento) (Fig. 4). In base alle caratteristiche geometriche del manufatto, pochi millisecondi di differenza tra

un'impronta e l'altra sono sufficienti a determinare una condizione di sbilanciamento. Gli esiti dello studio mostrano come il peso dei componenti stampati dalle quattro impronte venga modificato e in seguito gradualmente riequilibrato dal sistema di controllo (Fig. 5).

Variazioni a livello di materiale e di lotto: routine quotidiana -

Ciascun lotto di materiale plastico è soggetto a variazioni più o meno importanti che, durante processi non controllati, possono influire sulla viscosità e, di conseguenza, sulla qualità del manufatto. In presenza di una configurazione della pressa costante, ciò comporta generalmente un riempimento parziale dell'impronta (stampate incomplete) o la formazione di bava. Per simulare tale comportamento, sono stati miscelati due gradi di polipropilene, con diverse proprietà reologiche, in rapporto 4:1.

La pressa è stata inizialmente avviata utilizzando polipropilene non miscelato e senza attivare il sistema di controllo Priamus, e sono stati registrati i corrispondenti valori di riferimento relativi alla viscosità. Successivamente, è stato alimentato il materiale miscelato, e il controllo della viscosità è stato attivato. Il sistema di controllo Priamus (modello: 7080A Fillcontrol Control P) verifica la viscosità del fuso ciclo dopo ciclo, adattando automaticamente la velocità di iniezione (= velocità di taglio – "shear rate") e la temperatura del materiale (= sollecitazione al taglio – "shear stress") [3].

Durante l'esecuzione dei test, è stata scelta nuovamente una configurazione di base in cui le impronte venivano riempite solo parzialmente, in modo tale da rendere visivamente riconoscibile la benché minima variazione in fase di lavorazione. L'analisi mostra come il fronte del flusso e il peso dei manufatti stampati variano immediatamente dopo la miscelazione del materiale (Fig. 6). Il controllo della viscosità consente di ripristinare il peso originale in tutte e quattro le impronte.

Sulzer Mixpac AG dispone di oltre 120 presse a iniezione, presso il suo stabilimento di Haag, e pressoché nessuno stampo rimane sempre sulla stessa pressa. >>

A causa di tolleranze di fabbricazione, usura e variazioni nelle configurazioni, ciò spesso comporta inevitabili differenze qualitative nei manufatti.

Allo scopo di simulare l'utilizzo degli stampi su diverse presse a iniezione, il cilindro di plastificazione della macchina di prova è stato sostituito e riportato ai parametri qualitativi originali utilizzando il sistema Priamus (Fig. 7). Per fare ciò, la viscosità, la curva della pressione di mantenimento e la temperatura dello stampo a una determinata pressione sono state regolate attraverso l'interfaccia del computer collegato alla macchina.

Ottimizzazione dei costi all'avvio del processo

La registrazione e il monitoraggio della temperatura nell'impronta genera un effetto collaterale gratuito ed estremamente vantaggioso. Infatti, all'avvio della pressa o dopo un periodo di interruzione della produzione l'equilibrio termico viene raggiunto, a seconda della complessità del manufatto, dopo un periodo compreso fra 5 e 30 minuti, una condizione molto difficile da determinare nel modo convenzionale, sulla base della massa critica del componente. Invece, con l'utilizzo di sonde di temperatura in cavità, il rilevamento della temperatura nell'impronta consente di calcolare l'equilibrio termico in maniera assolutamente semplice e precisa, con un abbattimento significativo dei costi.

Conclusione

Le prove hanno dimostrato come il monitoraggio e il controllo automatico del canale caldo e della pressa attraverso l'uso di sensori installati nello stampo non solo incrementano l'affidabilità del processo, ma migliorano anche la qualità dei manufatti stampati.

Tab. 1

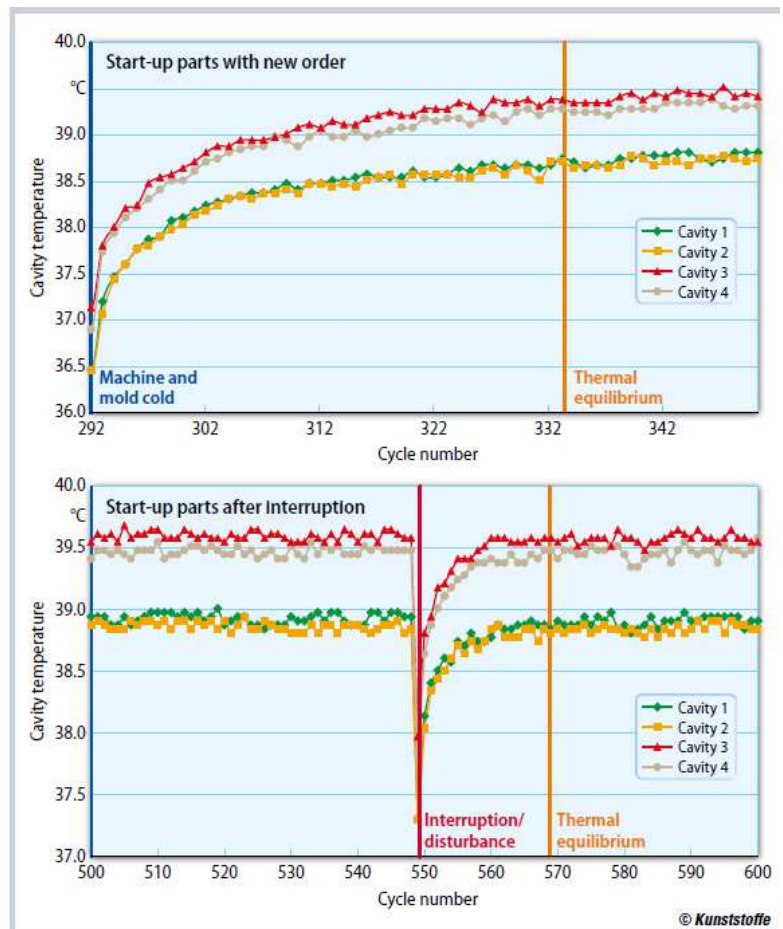


Figura 8: Il monitoraggio della temperatura nell'impronta consente di determinare con estrema facilità e precisione l'equilibrio termico all'avvio della pressa o dopo un periodo di interruzione della produzione.

Una configurazione costante della macchina e del canale caldo, d'altro canto, spesso genera scarti, semplicemente perché non consente alla pressa di rispondere alle variazioni che si verificano nel processo e nel materiale.

Grazie all'utilizzo, principalmente, di sistemi di controllo automatici, è ora possibile installare un determinato stampo su diverse presse e in diversi stabilimenti, garantendo il medesimo livello qualitativo a prescindere dagli operatori che eseguono il processo.

Switzerland (Headquarters)

PRIAMUS SYSTEM TECHNOLOGIES AG
Rheinweg 4
CH-8200 Schaffhausen

Tel. +41 52 632 2626
Fax +41 52 632 2627
info@priamus.com
www.priamus.com

Germany

PRIAMUS SYSTEM TECHNOLOGIES GmbH
Postweg 13
DE-73084 Salach

Tel. +49 7162 930 60 480
Fax +49 7162 930 60 481
salesde@priamus.com
www.priamus.com

USA

PRIAMUS SYSTEM TECHNOLOGIES, LLC
3061 Nationwide Parkway
Brunswick, OH 44212

Tel. +1 877 774 2687
Fax +1 877 678 5062
salesus@priamus.com
www.priamus.com

Italy

SVERITAL SPA
Via Santa Maria, 108
20093 Cologno Monzese MI

Tel. +39 02 251561
Fax +39 02 25391055
sverital@sverital.it
www.sverital.it



www.priamus.com

We control injection molding processes

Process validated quality for medical parts