



» di Giorgio Bertacchi

Il Gate/V

La fase di mantenimento: il ritiro

I calcoli delle dimensioni del gate per soddisfare le esigenze della fase di riempimento, sebbene indispensabili, non sono sufficienti per garantire la qualità di tutti i manufatti e, come vedremo, anche la produttività

È ben noto che il riempimento è la prima fase dello stampaggio a iniezione, un'evidenza che da sempre guida le procedure per la soluzione delle problematiche legate al processo. Questa idea ha indirizzato anche lo sviluppo delle simulazioni di processo, influenzando gli sviluppatori dei software al punto tale da identificarli con nomi che lo richiamano, come Mould Flow e Flow Analysis (giusto per citare i pionieri della tecnologia), trasformati poi nei marchi commerciali Moldflow e FaBest/VISI-Flow. Sebbene da lungo tempo questi software si siano evoluti per trattare tutte le fasi del processo, la visione

limitata da parte di non pochi stampisti e tecnologi che trascurano le esigenze della fase di mantenimento continua a essere la base di inconvenienti produttivi.

Le esigenze del gate

Cominciamo il discorso partendo dalla seconda delle tre esigenze di forma del gate (si vedano il riquadro in basso e, per la spiegazione, Plastix di ottobre 2013, NdR), ovvero "le sezioni dei gate non devono raffreddarsi prima del termine del tempo di mantenimento in pressione richiesto dalla qualità del ma-

nufatto ma non dovrebbero rimanere "aperte" in tempi successivi". Ricordiamo che la prima esigenza è relativa al flusso e la terza all'estrazione.

Trascurando le condizioni estreme di una sezione troppo piccola che genera pezzi con risucchi e porosità interne inaccettabili, l'elemento dominante della sua relazione con la qualità del pezzo è il ritiro di stampaggio. Ciò è particolarmente vero per i materiali semi-cristallini che, come ben noto, mostrano valori multipli dei materiali amorfi con campi da 1,5% a 3% e oltre in confronto a 0,3-1% dei secondi. Comunque, i valori effettivi di entrambi sono soprattutto funzione della temperatura dello stampo, della pressione di mantenimento e del tempo in cui è effettiva, tempo che non corrisponde necessariamente alla sua impostazione sulla pressa. Infatti, questo tempo dipende dalla sezione del gate alla quale è legato il raggiungimento della temperatura di non-flusso e ovviamente di non riflusso che determina la chiusura termica e definisce la quantità di polimero entrata nella cavità. Si rimanda, in particolare, all'articolo della serie precedente "La pressione/9" (Plastix giugno 2013) per le difettosità causate da impostazioni totalmente errate di

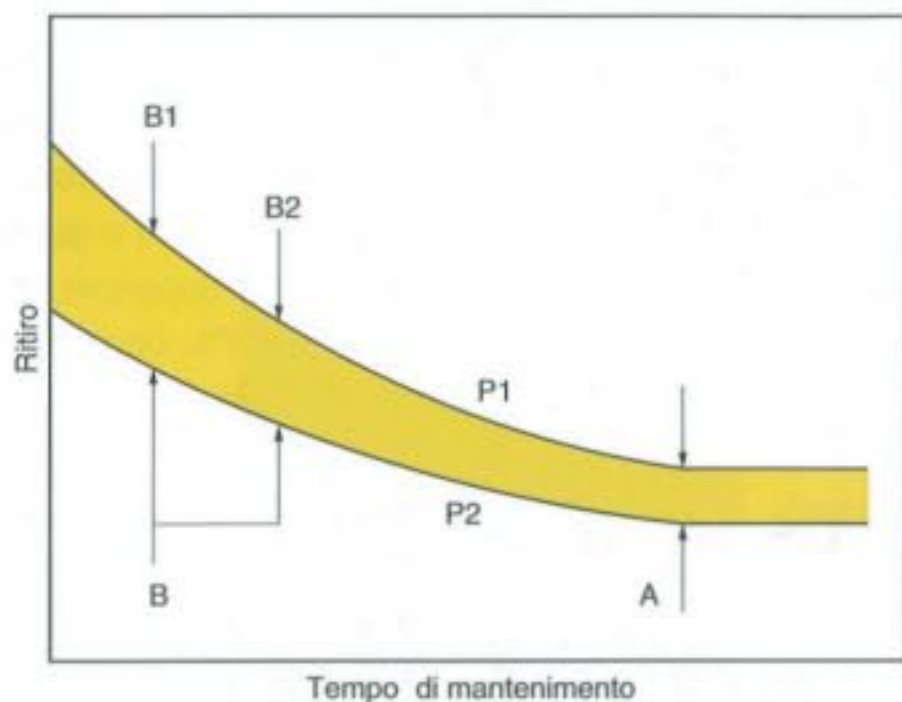
Le 10 esigenze del gate

- 1 Limitare le lunghezze di flusso di riempimento
- 2 Evitare restrizioni e limitare le lunghezze di flusso di compattazione
- 3 Considerare le forze generate dal riempimento e dalla compattazione
- 4 Localizzare le congiunzioni dei flussi
- 5 Evitare fenomeni di riempimento a getto (jetting)
- 6 Indirizzare gli orientamenti di flusso
- 7 Limitare la lunghezza dei canali di collegamento
- 8 Non situarsi in aree particolarmente sollecitate meccanicamente
- 9 Soddisfare i requisiti estetici del manufatto
- 10 Soddisfare i requisiti funzionali dello stampo

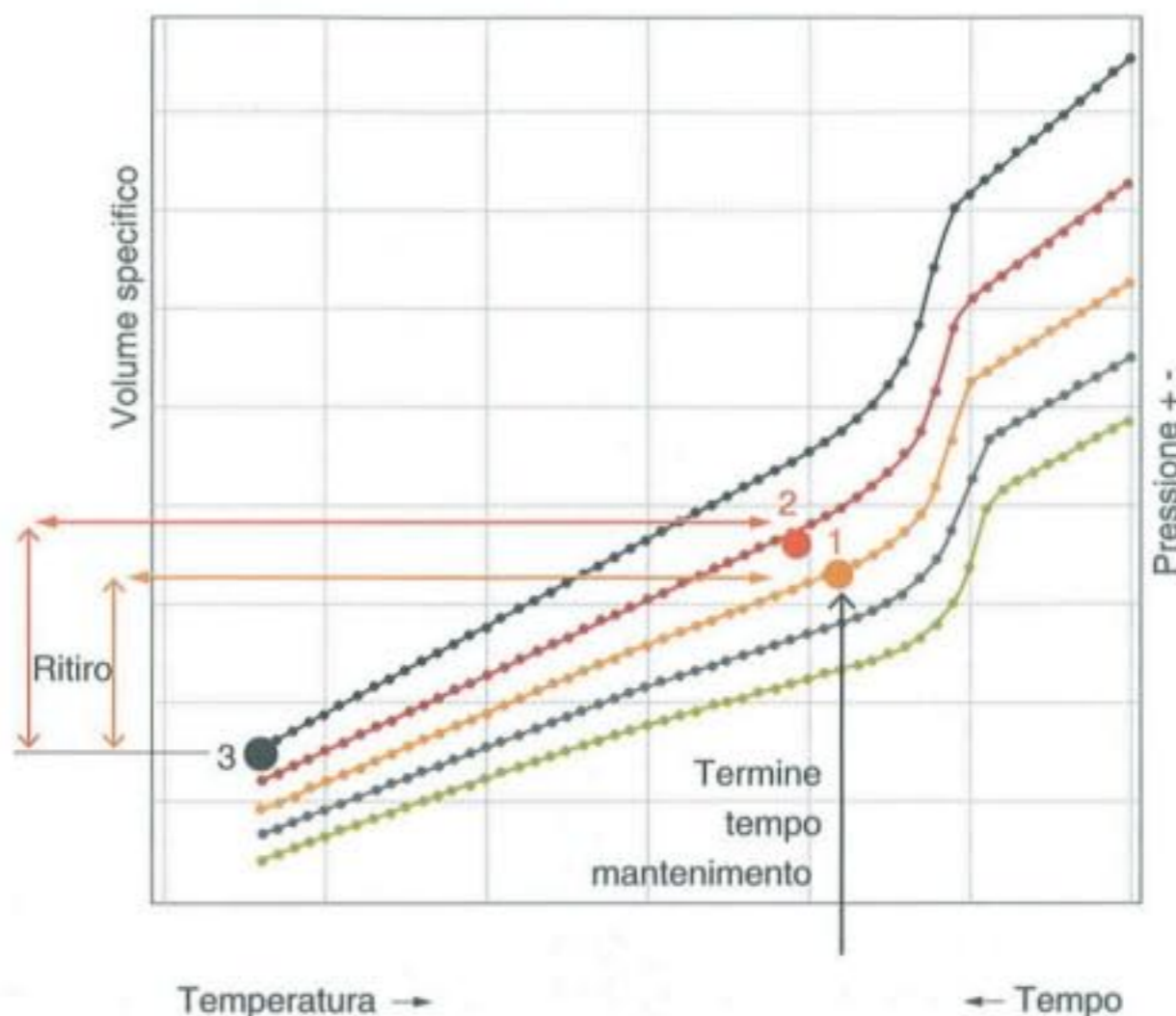


FOTO: ABBINGO

1 Ritiri in funzione del tempo effettivo di mantenimento e compattazione



2 Curve pvt: ritiro per due situazioni di compattazione a parità tempo di mantenimento



pressione e tempi, e alla modalità classica di verifica del corretto tempo di mantenimento mediante il noto controllo del peso.

Sull'argomento ritiro è utile chiarire un aspetto. Non è tanto importante rispettare il valore esatto delle indicazioni medie fornite nella documentazione del produttore del polimero, ma il vero obiettivo è la miglior previsione del ritiro effettivo sul quale basare le correzioni delle quote della cavità stampo.

Soprattutto per pezzi tecnici di precisione con materiali semi-cristallini, non è sufficiente considerare l'influenza della pressione e della temperatura dello stampo, già ricordate in precedenza in riferimento a uno specifico omopolimero acetalico POMh. Infatti, questi dati e altri simili, che non vogliono dare solo campo di potenziali ritiri di scarsa utilità pratica, trovano ancora dei limiti, perché si riferiscono a uno spessore definito e a condizioni di massimo impaccamento, condizione che rispecchia raramente la situazione di stampaggi commerciali.

Influenza delle dimensioni del gate sul ritiro e sui tempi di ciclo

La figura 1 illustra l'andamento del ritiro lineare (shrinkage) per un polimero semi-cristal-

lino con due situazioni del tempo di mantenimento in pressione (holding time) e tre dimensioni del punto di iniezione, mantenendo le stesse condizioni per tutti gli altri parametri. Notiamo che il ritiro diminuisce con l'aumento del tempo di mantenimento fino a un valore minimo nella situazione A, che rispecchia la condizione di un'iniezione rettangolare con spessore vicino allo spessore del pezzo per rimanere "aperta" sino al momento della solidificazione del pezzo stesso, per meglio dire sino all'impossibilità di introdurre altro polimero nella cavità. Per essere più precisi ricordiamo che il concetto di solidificazione mantiene la sua validità per i materiali semi-cristallini, salvo un ritardo normalmente non molto importante per polimeri da stampaggio. Non è così ovviamente per i materiali amorfi che non hanno un cambio di stato solido-liquido, ma una transizione vetrosa (T_g) che si situa tipicamente a temperature molto più basse di quelle in cui la viscosità raggiunge valori tali da rendere impossibile ogni avanzamento del materiale. Per questo motivo i software di simulazione dello stampaggio hanno introdotto il concetto della temperatura di non flusso (T_{nf}), assegnandone i valori con opportune sperimentazioni.

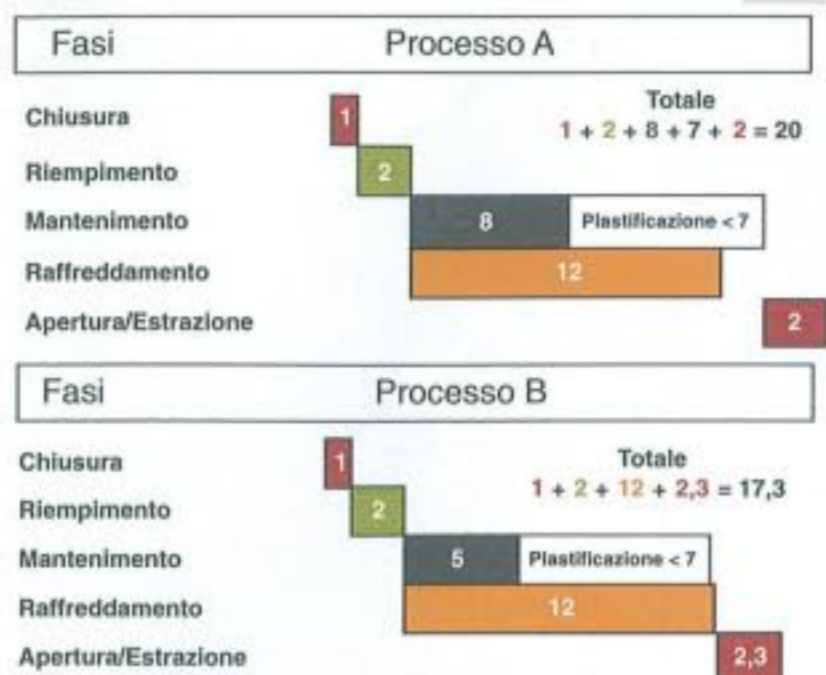
Per illustrare esempi abbastanza estremi, esaminiamo una resina acetalica e un policarbonato. Un POMc che si stampa a 200 °C con un punto di fusione vicino a 165 °C e un campo di cristallizzazione tra 145-135 °C ha una conseguente T_{nf} di 135 °C molto vicina alla temperatura di lavorazione e anche di estrazione (T_e), che si situa a 115 °C. Un PC, che rappresenta gli amorfi, richiede una temperatura del fuso di 290-300 °C, ha una T_{nf} di 170 °C e quindi lontana da questi valori e dalla temperatura di estrazione T_e , che è di 120 °C contro una T_g di 145 °C.

Tornando al nostro esempio, notiamo che la situazione B è situata in corrispondenza di un tempo di mantenimento più breve di quello necessario a raggiungere la T_{nf} nel manufatto, indicato in A. Come ben sappiamo, tempi più brevi portano a ritiri più elevati, come evidenziato anche dalla figura. Da quest'ultima emerge anche che dalla condizione di tempo di mantenimento B nascono due situazioni B1 e B2 che si differenziano per il valore di ritiro. Il maggior ritiro alla condizione B1 e il conseguente incremento di variabilità – indicato dalla maggiore area gialla delle due curve – è dovuto al fatto che il centro della sezione dell'iniezione non ha ancora raggiun-

to la temperatura di non-flusso (non è ancora solidificata) al momento dell'interruzione della pressione di mantenimento. In questa condizione si ha un riflusso di materiale e una diminuzione della pressione nel pezzo. Al contrario, la situazione B2 rappresenta un dimensionamento dell'iniezione tale da farla "chiudere" esattamente al momento voluto, dando così luogo a ritiri minori. Comprendiamo questa situazione ricordando la compressibilità del fuso che consente di confinare nello spazio della cavità un volume di materiale tanto più alto quanto è maggiore la pressione per una data temperatura.

La figura 2 descrive schematicamente i casi sopra menzionati attraverso un diagramma pvt (pressione/volume/temperatura). Al termine del tempo di mantenimento impostato, il volume specifico del materiale in cavità è descritto dal punto 1 sulla curva arancione, per generare il ritiro volumetrico corrispondente alla situazione B2 (figura 1) con la sua differenza con il pezzo freddo a pressione atmosferica (punto 3). Se, al contrario, il gate sarà ancora "aperto" come dall'ipotesi B1, si avrà una riduzione di pressione al livello della curva rossa (punto 2) con un conseguente aumento di ritiro.

Ricordando l'interesse nel non dilatare eccessivamente i tempi di mantenimento in pressione, perché durante questa fase la vite è impegnata come "punzone" di iniezione e quindi non può plastificare materiale per il ciclo successivo, le dimensioni dell'iniezione sono sempre critiche alla qualità e produttività. Ciò vale soprattutto per i materiali semicristallini che, come abbiamo già indicato, hanno la necessità di importanti apporti di materiale durante la cristallizzazione, una situazione, questa, che comporta lunghi tempi di mantenimento con pressioni basse, che raggiungono anche velocemente le condizio-



ni di raffreddamento per l'estrazione, lasciando poco margine tra i due tempi teorici.

Ottimizzazione dei costi

La figura 3 illustra un esempio di ottimizzazione dei costi di stampaggio, procedura che può essere applicata molto più frequentemente qualora i progettisti dello stampo approfondiscano le analisi del processo considerando le effettive capacità delle presse a iniezione disponibili.

Il processo A con l'individuazione dei tre tempi fondamentali (riempimento, mantenimento e raffreddamento) è il risultato della prima ottimizzazione, ottenuta in condizioni di processo coerenti con le proprietà della pressa a iniezione disponibile: più piccola e quindi meno costosa. Applicando i dati dei calcoli teorici alla macchina scelta si è scoperto che non era in grado di plastificare il materiale nel tempo previsto.

Questo valore, che si ricava sottraendo il tempo di mantenimento da quello di raffreddamento, nel caso specifico non poteva essere inferiore a 7 secondi. Una simile condizione imponeva un inutile prolungamento del tempo di raffreddamento di 3 secondi, sostanzialmente per l'impossibilità della macchina di usare movimenti sovrapposti, una situazione comune alla maggior parte delle presse impiegate per la produzione di pezzi tecnici, che non consentono la plastificazione durante l'apertura dello stampo. Per questa ragione è necessario utilizzare un ugello pressa a valvola.

Come possiamo notare dal processo A, la conseguenza era di generare un tempo di ciclo totale di 20 secondi, compresi i tempi di

3 Confronto tra due simulazioni

apertura e chiusura dello stampo. Per superare il limite nella forza di chiusura della pressa, che non consentiva di usare una pressione di mantenimento più elevata, si è deciso di passare a un tonnellaggio superiore, con un costo orario più alto del 7%, ottenendo i risultati del processo B. Come si nota dalla figura 3, anche con un incremento di 0,5 secondi sul tempo di apertura dello stampo, il tempo totale di ciclo di 17,3 secondi si riduce del 13,5%:

$$(20 - 17,3/20) \times 100 = 13,5\%$$

Tale diminuzione compensa il maggior costo della pressa, lasciando ancora un vantaggio del 6,5%. È importante sottolineare che un passaggio da una macchina all'altra come quello appena descritto, soprattutto ottenendo questi vantaggi, non può essere effettuato a posteriori, perché le dimensioni del gate impiegate nel progetto A non sono adatte al progetto B: operando in queste condizioni, infatti, la solidificazione non avverrebbe nemmeno dopo 5 secondi e ciò porterebbe alla situazione B1 della figura 1.

Concludiamo questa prima parte sulle esigenze del gate per la fase di mantenimento ricordando che la soluzione delle sue insufficienze dimensionali non può essere sempre risolta aumentando le pressioni di mantenimento, come potrebbe sembrare dall'interessante soluzione precedentemente illustrata. E questo perché una parte delle limitazioni deriva dall'ottenimento di un ritiro controllato e prevedibile con sufficiente precisione.

Rimandiamo al prossimo numero l'approfondimento del ritiro e delle tolleranze del processo. A seguire le considerazioni che ci portano a determinare le sezioni del gate e altri aspetti che non possono essere ignorati senza conseguenze relative ai tempi di occlusione delle stesse.