



componenti e accessori

Un polimero fuso in modo omogeneo è uno dei requisiti fondamentali per realizzare manufatti di elevata qualità e senza difetti estetici. Per raggiungere tali requisiti, una speciale vite viene in aiuto agli stampatori.



UNA VITE DAL RAPPORTO DI COMPRESSIONE OTTIMALE

di Irenko Dubrovich*



Quando un oggetto viene sottoposto a una sollecitazione crescente, la sua struttura resiste fino al cedimento dell'elemento più debole. Per analogia, pensiamo a una catena, la cui robustezza è definita dalla resistenza dell'anello più debole.

Seguendo questo ragionamento, quindi, da un punto di vista meccanico e anche economico, è evidente il vantaggio di realizzare catene (o manufatti) le cui maglie (o struttura) siano le più omogenee possibili. Parlando di pezzi stampati in materiale plastico, una struttura omogenea dipende in primo luogo dal progetto: infatti, un particolare deve essere realizzato con uniformità di spessore e senza angoli vivi, perché costituirebbero dei punti di intaglio e potrebbero causare una riduzione della tenacità.

Un altro fattore importante è l'omogeneità del fuso ottenuto dal gruppo di plastificazione: un fuso disomogeneo, infatti, è assimilabile a una catena con maglie a resistenza diversa.

Se il fuso è costituito da regioni con parti degradate o non fuse completamente, l'effetto sarà quello di avere striature superficiali causate dalle sostanze volatili prodotte dalla degradazione e zone fragili originate da particelle non fuse completamente e che per questo motivo agiscono come punto di intaglio.

È possibile verificare la qualità dei pezzi stampati attraverso la valutazione del comportamento della resistenza all'urto.

Il diagramma mostra come la maggior parte dei valori relativi alla resistenza all'urto è compreso nei limiti consentiti del processo, ma i due cerchiati in rosso risultano inferiori rispetto allo standard e costitui-

scono pertanto degli scarti; anche i pezzi che si trovano oltre il limite superiore di accettazione costituiscono un indice negativo, perché dimostrano che il polimero ha prestazioni variabili, per esempio a causa di un fuso disomogeneo.

Ricordiamo che in una situazione ottimale tutti i valori di rottura dovrebbero essere posizionati in una banda prossima al valore massimo misurato.

LA FUSIONE DEI POLIMERI

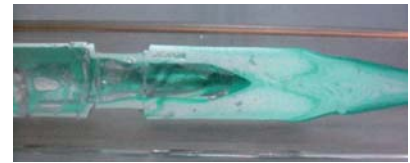
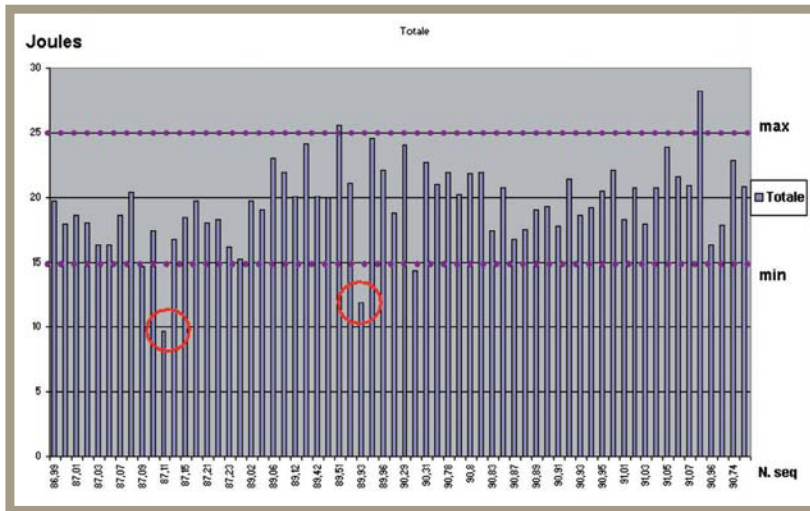
Il processo di fusione di un granulo di materia plastica dipende da leggi della fisica ben note:

$$Q = ((Csp \cdot \Delta T) + Cl_f) \cdot M$$

dove Q è la quantità di calore necessaria per fondere il polimero, Csp il calore specifico, ΔT la differenza tra la temperatura del processo e quella dell'ambiente, Clf il calore latente di fusione (in caso di polimeri cristallini) e M il peso del polimero da trasformare.

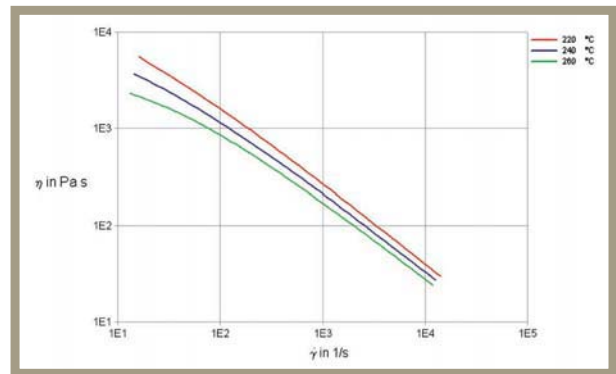
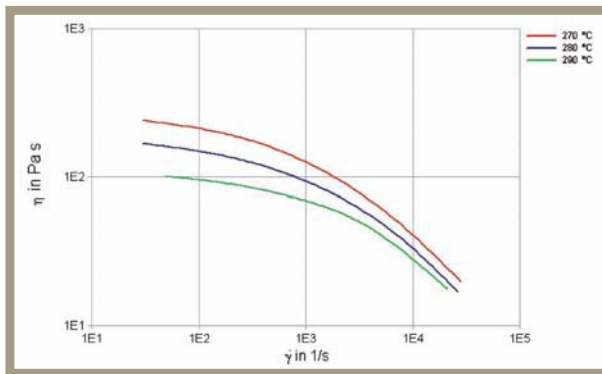
Il problema nasce dal fatto che tutti i polimeri sono ottimi isolanti termici, pertanto la fusione a cuore del granulo o dello spessore del polimero corrispondente all'altezza dei filetti della vite di plastificazione richiederebbe dei tempi molto lunghi e incompatibili con le esigenze di produttività di un moderno processo di stampaggio. Questo è il motivo per cui le viti di plastificazione sono state realizzate con rapporti di compressione più o meno accentuati, in modo da sviluppare una certa

*Kluin Wijhe Italia



Qui sopra: sezione davanti al puntale. Il pigmento è distribuito secondo un andamento ondulatorio
A fianco: comportamento della resistenza all'urto rispetto ai limiti di accettazione

Sotto a destra: curva viscosità velocità di taglio per ABS
Sotto a sinistra: curva viscosità velocità di taglio per PA 66



frizione nel sistema e quindi accelerare il processo di fusione mediante apporto di calore interno.

Una vite di questo tipo, tuttavia, costituisce un compromesso tra fusione dei granuli e ciclo relativamente veloce, ma può risultare carente sotto altri aspetti. In primo luogo, infatti, se il rapporto di compressione risulta troppo elevato si possono innescare processi di degradazione nella zona di compressione che col tempo determinano delle incrostazioni responsabili di punti neri e altri difetti che danno luogo a pezzi di scarto. Si è visto inoltre che la zona di miscelazione (metering) non riesce ad assicurare una massa fusa omogenea a meno che non si utilizzino cicli molto lenti, e di conseguenza vi sia sufficiente tempo per permettere la trasmissione del calore da uno strato all'altro nello spessore di polimero tra il nucleo della vite e la parete interna del cilindro.

L'OMogeneità DEL FUSO

Per valutare la capacità di miscelazione di una vite tradizionale è stata effettuata una prova estraendo una vite dal cilindro e sezionando il polimero fuso dopo averlo raffreddato. Dall'osservazione del materiale emerge che il colore non è omogeneo, ma assume una distribuzione a spirale lungo la vite e ondulatorio

nella zona del puntale. Si tratta di inconvenienti facilmente eliminabili utilizzando una maggior quantità di masterbatch, ma che dimostrano la scarsa capacità di miscelazione di una vite tradizionale.

I tentativi compiuti, a livello del disegno della vite, per risolvere questo problema sono stati numerosi: basta osservare la quantità e la varietà di miscelatori statici o dinamici offerti dal mercato. Qualcuna di queste attrezzature ha permesso di ottenere dei buoni risultati, ma nessuna di esse fino ad oggi è riuscita a offrire una soluzione globale per tutti i polimeri, perché a fronte di alcuni vantaggi spesso si riscontrano altrettante limitazioni. Anche la vite a barriera, che teoricamente dovrebbe essere in grado di apportare un miglioramento significativo al problema, non sempre ha portato grandi benefici. In alcuni casi, infatti, gli stampatori, dopo averla provata, sono ritornati alle soluzioni tradizionali anche se non soddisfacenti.

Cerchiamo ora di comprendere le ragioni per cui anche questo tipo di vite è spesso inadeguato per garantire una miscelazione veramente omogenea. La vite a barriera, nel corso della sua lunghezza, tende a separare la fase solida da quella fusa utilizzando un filetto secondario di raccolta; in questo modo i granuli solidi rimangono sempre a contatto con l'acciaio della

vite e del cilindro, ottenendo quindi un miglior scambio termico nel sistema. Se la vite è ben progettata il processo effettivamente si velocizza, ma questo non necessariamente produce un fuso omogeneo, e le ragioni vanno ricercate nel comportamento di base dei diversi polimeri. Vediamo perché.

I diagrammi riportati nelle figure riportate in quest'articolo descrivono l'andamento, a tre diverse temperature, della viscosità di alcuni polimeri fusi (sia amorfici sia cristallini) al variare di una sollecitazione di taglio applicata nella massa fusa. Il comportamento osservato è di tipo pseudoplastico, e questo significa che aumentando lo sforzo applicato si ha una riduzione della viscosità del fuso. Dalle figure si nota chiaramente quello che si verifica nella zona di metering di una vite di plastificazione, e cioè che aumentando la velocità di rotazione della vite (gradiente di velocità o shear rate) la viscosità della massa fusa si riduce secondo i valori riportati sull'asse delle ordinate. Il campo di interesse per la zona di plastificazione di una vite media di diametro 50 mm varia da 100 a 400 s⁻¹. Le aree dei diagrammi a elevate velocità di taglio, ad esempio oltre i 1000 s⁻¹, interessano sollecitazioni del tipo di quelle che si verificano nei punti di iniezione, dove grandi masse di polimero fuso passano in breve tempo in sezioni



componenti e accessori



- 1: esempio di vite Maxi Melt
- 2: PA trasparente con 2% di masterbatch grigio
- 3: tappo olio motore in PA 66
- 4: vaso in PP prodotto con vite tradizionale
- 5: vaso in PP prodotto con vite Maxi Melt

(foto EMS-Chemie AG)

(Foto BC Stampaggio Materie Plastiche)

(Foto Bamaplast)

molto ridotte.

Dall'esame di questi diagrammi e di numerose altre misurazioni reperibili su Campus, è possibile trarre le seguenti osservazioni:

1. tutti i polimeri hanno lo stesso comportamento, cioè al crescere dello sforzo di taglio aumenta la fluidità dei materiali; questo si verifica sia aumentando la velocità di rotazione della vite sia riducendo la sezione di passaggio per esempio nel filetto secondario delle viti a barriera;

2. le tre curve misurate a tre temperature differenti non si toccano mai, neanche a velocità di taglio molto elevate (10.000 s-1); soltanto le curve del POM ad elevata viscosità (MFI = 1g/10min) e di pochi altri polimeri, per esempio il polipropilene, si avvicinano marcatamente.

Il significato di queste misure è che se il polimero arriva nella zona di metering dell'unità di iniezione con temperature differenziate non esiste possibilità di renderlo omogeneo nemmeno alla massima velocità di rotazione della vite.

Questi problemi risultano ancora più evidenti nel caso in cui si vuole colorare il polimero durante lo stampaggio utilizzando un masterbatch o se si desidera recuperare delle materozze rimacinata. Solo per alcuni polimeri (PP e POM ad alta viscosità) le tre curve si avvicinano: infatti, questi materiali non presentano solitamente problemi di omogeneità del fuso e risultano facili da colorare.

È quindi evidente che per ottenere una buona distribuzione di pigmenti e di additivi è necessario l'utilizzo di un miscelatore in testa alla vite. Per questa operazione si possono utilizzare miscelatori statici e dinamici. I primi sono costituiti da elementi statici, separati dalla vite e inseriti, per esempio, nell'ugello dell'unità

di iniezione; essi contengono dei labirinti all'interno dei quali passa il polimero fuso prima di essere iniettato. I secondi, invece, sono solidali alla vite e quindi ruotano insieme ad essa ottenendo una migliore efficienza sia nella miscelazione distributiva sia in quella dispersiva. I numerosi modelli di miscelatori disponibili generalmente migliorano l'omogeneizzazione del fuso e dei suoi additivi o pigmenti, ma spesso innescano altri fenomeni negativi come la degradazione del polimero o una forte usura della vite e del cilindro a causa delle pressioni che si sviluppano durante la plastificazione.

LA MISCELAZIONE CON VITE MAXI MELT

Esiste un approccio nuovo e innovativo nella progettazione della vite di plastificazione, che non è semplicemente un tentativo di miglioramento della geometria tradizionale, ma è il risultato di calcoli che permettono la definizione del rapporto di compressione in funzione del reale comportamento dei polimeri. Questo approccio ha consentito di ottimizzare le prestazioni della vite e di ottenere un polimero fuso omogeneo e alla temperatura desiderata.

Contrariamente alle viti fin finora descritte, la Maxi Melt di Kluin Wijhe, ovvero quella sviluppata in seguito a questi studi, grazie al suo rapporto di compressione ottimale, riesce a plastificare senza surriscaldare il polimero e permette di raggiungere produttività elevate, poiché ad alte velocità di rotazione non si riscontrano aumenti significativi della temperatura della massa fusa.

La vite è dotata di un miscelatore dinamico che opera mediante la separazione ripetuta del fuso tramite i filetti interrotti a intervalli calcolati e secondo un angolo ben definito. Questo tipo di miscelatore non opera per sforzi di taglio in sezioni sottili e conseguente azio-

ne dispersiva degli additivi contenuti nella massa fusa, ma esalta l'azione distributiva del sistema. Ne risulta un elevato rendimento di colorazione, senza cadute di pressione, e il miglioramento della produttività. Prove effettuate nei laboratori di EMS Chemie AG dimostrano che è possibile passare da PA trasparente naturale (Grilamid TR 90) alla colorazione con il 2% di masterbatch dopo pochissime stampate. Inoltre, la distribuzione dei pigmenti risulta omogenea anche riducendo il masterbatch fino allo 0,5%, mentre il successivo passaggio da grigio allo 0,5% a rosso al 2% avviene in quattro stampate.

Altre prove hanno dimostrato che è possibile ridurre la percentuale di masterbatch fino al 50% della quantità impiegata per la colorazione con viti tradizionali. Tale risultato, oltre a costituire un indubbio vantaggio economico, può migliorare sensibilmente la qualità dei pezzi stampati, soprattutto per i polimeri che dispongono di una limitata capacità di assimilare additivi, o nel caso in cui siano richieste alte temperature di lavorazione, perché è ben nota la difficoltà di reperire sul mercato pigmenti in grado di sopportare elevate temperature di processo.

Un primo esempio dei vantaggi ottenuti è quello relativo allo stampaggio di particolari in PA 66. BC Stampaggio Materie Plastiche, utilizzando una vite Maxi Melt, ha infatti ridotto la quantità di masterbatch dall'1,5% a 0,75% mantenendo la stessa tonalità di colore richiesta dal cliente.

Risultati positivi si sono raggiunti anche nella produzione di vasi per giardinaggio, dove pur riducendo la quantità di masterbatch dal 4 al 2% è stato possibile garantire una opacità dei pezzi adeguata a evitare il danneggiamento delle radici dovuto alla penetrazione della luce solare. L'impiego di una vite tradizionale non ha consentito di dimezzare la quantità di colo-



Sopra: particolari realizzati col 2% di masterbatch
A destra: particolari realizzati con lo 0,5% di materbatch

rante: la figura 4, infatti, mostra chiaramente l'ombra della mano e le striature verticali dovute alla cattiva distribuzione dei pigmenti.

In un'altra applicazione si è riusciti addirittura a ridurre la percentuale di masterbatch da 1,5 a 0,5%, ovvero a un terzo della quantità necessaria quando si utilizzano una vite tradizionale a tre zone e un dosatore volumetrico.

Con una vite tradizionale, a parità di concentrazione del masterbatch, nemmeno utilizzando un dosatore gravimetrico non si è riusciti a mantenere la costanza di colorazione garantita dalla vite Maxi Melt. Nel



caso di impiego di macinati è stato spesso possibile aumentarne la percentuale ben oltre al 25% (indicato generalmente dai produttori di polimeri come limite massimo raccomandato), senza riscontrare i tipici problemi di incostanza di dosaggio della vite e migliorando anche l'aspetto estetico che spesso rappresenta un problema non da poco per chi riutilizza gli scarti di produzione.

CONCLUSIONI

Un polimero fuso in modo omogeneo è uno dei requisiti fondamentali per la produzione di manufatti stampati di buona qualità e di ottime caratteristiche estetiche.

L'utilizzo di miscelatori può migliorare significativamente l'omogeneità del polimero fuso, ma la vasta

offerta di tali dispositivi è indice del fatto che, ad oggi, non è disponibile un sistema realmente efficace. Una soluzione interessante è la vite Maxi Melt, che ha dimostrato la capacità di soddisfare le diverse esigenze degli stampatori: infatti, grazie al rapporto di compressione ottimale, essa permette di ottenere un fuso estremamente omogeneo alla temperatura desiderata anche in condizioni di elevata velocità di rotazione della vite, e di conseguenza di ottenere anche una maggiore produttività.

Il miscelatore incorporato in testa alla vite risulta molto efficace senza creare surriscaldamenti, punti di ristagno o cadute di pressione, e questo permette di operare con quantità di coloranti inferiori a quelle utilizzate nei processi tradizionali.

Oltre a migliorare la redditività economica, dunque, questa vite permette di ridurre i diversi effetti negativi tipici dei pigmenti, che spaziano dalla possibilità di degradare causando problemi estetici fino alla tendenza a rendere fragili i pezzi stampati o a modificarne il comportamento al ritiro a causa dell'effetto nucleante che hanno alcuni tipi di pigmenti e di additivi.

Ma è soprattutto la sinergia che deriva dalla geometria della vite, del miscelatore e del puntale, realizzati seguendo un'unica concezione del progetto, a permettere di ottenere quello strumento versatile e universale che la vite Maxi Melt sta dimostrando di essere nello stampaggio dei termoplastici.



**Intelligence
Recycling**

**Impianto di lavaggio
Impianto di macinazione
Impianto di densificazione PE LD / PP
Lavorazione PET
Eseguiamo lavori c / terzi**

**Indirizzo: s.s.361 km 51 LOC.PITINO
62027 S.SEVERINO M.(MC)
TEL. 0733 / 63 63 69 FAX 0733 / 63 67 82 CELL. 335 / 54 28 963
E-mail: gruppobrutti@libero.it**

