

Estrusione

1 Con l'estrusione si realizzano i maggiori volumi di produzione, poiché è usata non solo con i termoplastici per produrre barre, tubi, fogli e film, ma anche per la completa miscelazione di tutti i tipi di plastica e per la produzione di pellet (= granuli).

L'estrusione a pistone si usa in casi particolari, p. es., per il teflon; la principale differenza con l'estrusione di metalli è l'uso di estrusori a vite.

2 Estrusori a vite

Nella configurazione di base, l'apparecchiatura è abbastanza convenzionale.

Il polimero arriva da una tramoggia a un cilindro in cui una vite elicoidale trasporta il polimero verso la matrice.

La vite è divisa in 3 zone: la zona di alimentazione, avente diametro di base costante, riceve i granuli dalla tramoggia e li porta alla zona di compressione (*zona di fusione o di transizione*), in cui sezioni via via minori comprimono i granuli ormai teneri.

3 La sollecitazione di taglio di solito genera abbastanza calore per portare il polimero alla temperatura richiesta; il cilindro può essere riscaldato esternamente per compensare le perdite di calore, oppure il cilindro (o la vite) viene raffreddato per evitare surriscaldamento. Alla fine di questa zona il fluido viscoso entra nella zona di *dosaggio*.

Anche questa ha una sezione costante, ma più piccola della zona di alimentazione.

Qui il fuso viene scaldato ulteriormente con azione di taglio a velocità maggiore.

4 La forma della vite è critica. L'angolo di passo ϕ tipicamente vale 17.5° , ma può essere più alto per alcune plastiche.

Il rapporto di compressione (il rapporto delle aree vuote all'inizio e alla fine della vite) di solito varia da 2:1 a 4:1 e il rapporto lunghezza/diametro (da 16:1 a 32:1) sono scelti in funzione del polimero.

I polimeri sensibili al calore (come il PVC) sono estrusi con una piccola azione di taglio, mentre con quelli con un punto di fusione netto, come il nylon, si usa una grande lunghezza e una piccola zona di compressione.

5 Le temperature di riscaldamento e di raffreddamento, la contropressione, la velocità di rotazione della vite e la velocità di iniezione devono essere accuratamente controllate.

Il controllo della temperatura lungo il cilindro deve essere più accurato quando una vite general purpose deve essere usata per una varietà di plastiche.

La vite può essere divisa in 2 parti, per permettere la decompressione nella zona intermedia e realizzare il degassaggio, poi la pressione cresce di nuovo.

6 Per evitare che venga estruso del polimero non fuso o sporczia intrappolata, viene inserito un filtro nel flusso del polimero.

È seguito da una piastra robusta (breaker plate) avente numerosi fori con diametro di circa 3 mm. Il filtro aumenta la contropressione, favorendo la miscelazione e l'omogeneizzazione; inoltre il flusso attraverso il filtro elimina la rotazione residua nel fuso.

I flussi di plastica sono poi riuniti prima di entrare nella matrice; la temperatura è abbastanza alta da garantire una completa continuità.

7 Le pressioni all'interno della matrice sono comprese tra 1.5 e 15 MPa; qualche volta si arriva a 70 MPa.

Gli estrusori a viti gemelle o multiple sono più adatti per materiali sensibili al calore, come il PVC rigido, perché in questo caso si fa meno affidamento sul taglio e sul trascinamento per muovere il materiale.

Viti a ingranamento permettono l'alimentazione con un livello minimo di taglio.

8 Output degli estrusori a vite

La rotazione della vite mette in movimento la plastica, la cui portata viene limitata dalla contropressione dovuta alla progressiva riduzione di sezione nella zona centrale di compressione.

Nel grafico la linea che non passa per l'origine è la cosiddetta curva caratteristica dell'estrusore. Quando la pressione necessaria per estrarre raggiunge il valore massimo (p_{max} nel grafico) la portata va a 0. La curva caratteristica può cambiare (linea tratteggiata parallela alla precedente) aumentando il numero di giri o aumentando l'efficienza. La semiretta uscente dall'origine rappresenta invece la portata che fluisce attraverso la matrice di estrusione. Ovviamente tale portata aumenta al crescere della pressione che spinge il materiale. L'intersezione tra le 2 linee è il cosiddetto punto operativo della macchina.

La bassa conducibilità termica delle plastiche limita la velocità di raffreddamento, perciò la velocità di estrusione dipende fortemente dalla sezione trasversale. Varia tra pochi mm/min per una barra con diametro di 250 mm a 1000 m/min per il rivestimento di fili, con un valore tipico di 3 m/min per molti prodotti. Se si estrudessero troppo velocemente prodotti di grande spessore, il materiale ancora tenero a valle della matrice di estrusione si deformerebbe.

9 Matrici. Il flusso attraverso la matrice genera una contropressione che deve essere tenuta in conto nel calcolare l'output. Per un semplice flusso in matrice cilindrica, la portata è data dall'equazione di Poiseuille (formula).

dove D_d = diametro della matrice, L_l = lunghezza del tratto cilindrico dopo la matrice di estrusione e η_a = viscosità apparente.

Come abbiamo già visto, la portata aumenta linearmente con la pressione, portando alla cosiddetta curva caratteristica della matrice. Si noti che D_d è alla quarta potenza, quindi le dimensioni delle matrici hanno un effetto estremamente potente sull'output dell'estrusore determinando il suo punto di funzionamento.

Oltre a questo, i dettagli della progettazione sono critici per la produzione di una buona estrusione.

10 Ci sono molte somiglianze con l'estrusione dei metalli, una delle quali è la formazione di una zona di ristagno nel caso di angolo di semiapertura di 90°.

L'azione di taglio al bordo di questa zona provoca il degrado termico delle plastiche sensibili al calore come il PVC.

Inoltre, il flusso turbolento può portare alla frattura del materiale (figura a destra)

Un ingresso conico, come visto parlando dei metalli, ma con un angolo di 60° (figura a sinistra), migliora la situazione; una matrice sagomata in modo corretto offre un flusso ottimale.

Le matrici spesso hanno un tratto a pareti rettilinee relativamente lungo in modo da orientare le molecole e controllarne le dimensioni.

Diversamente dai metalli, né la forma né le dimensioni dell'estruso sono fisse. All'uscita dalla matrice, le tensioni interne si annullano, le molecole si riavvolgono e la sezione dell'estruso aumenta, come mostrato nella figura a sinistra.

Matrici troncoconiche e lunghi tratti rettilinei dopo l'estrusione minimizzano ma non eliminano l'incremento di sezione dell'estruso.