

1 6 lavorazioni allo stato gommoso

Il comportamento viscoelastico dei termoplastici al di sopra di T_g consente l'ulteriore lavorazione di prodotti colati, estrusi, stampati a iniezione o a calandra.

La deformazione provoca ancora svolgimento e allineamento delle molecole, ma questa volta in trazione.

L'allineamento molecolare che ha dato comportamento pseudoplastico (ridotto stress a causa dell'assottigliamento dovuto ad azione di taglio) nel flusso di taglio ora produce una sensibilità positiva alla velocità di deformazione.

La resistenza a trazione aumenta con la velocità di deformazione e un elevato valore di m consente un allungamento sostanziale senza provocare strizione localizzata.

2 Poiché la resistenza di una strizione incipiente aumenta maggiormente con una maggiore velocità di deformazione, un allungamento rapido è vantaggioso.

Le pressioni possono essere abbastanza basse, 0,2-1 MPa, raramente 2 MPa.

Lo svolgimento e allineamento delle molecole in direzione dell'allungamento influisce anche sul prodotto: aumenta la resistenza in direzione dell'allineamento, ma la resistenza e, in particolare, la resistenza all'impatto sono inferiori perpendicolarmente all'allineamento.

L'allungamento biassiale aumenta la resistenza in tutte le direzioni, e i prodotti orientati in modo biassiale mostrano prestazioni superiori in molte applicazioni.

3 Soffiatura

In questo caso un tubo estruso o una preforma viene espansa con pressione interna (di solito aria calda).

Soffiatura di film (filmatura per soffiaggio)

Si producono film sottili orientati in modo biassiale mediante espansione con aria di un tubo uscente da un estrusore (Fig. 14-15), tipicamente a un rapporto di soffiatura di 3:1 (rapporto tra i diametri del prodotto e della matrice), in materiali come il PE.

4 L'allineamento molecolare determina una cristallizzazione parziale e provoca trasparenza ridotta.

I polimeri che hanno un valore basso di m e cristallizzano lentamente non possono essere processati direttamente.

Così, il polipropilene fuso viene raffreddato in linea per mantenere una struttura amorfa, riscaldato sopra T_g ed è soffiato; la cristallizzazione indotta dalla tensione fornisce piccoli cristalli lamellari che non influenzano la trasparenza.

I sacchetti sono realizzati sigillando a caldo o pizzicando, mentre film piatti molto larghi (oltre 6 m) sono prodotti incidendo nel senso della lunghezza.

Le plastiche che cristallizzano molto velocemente (come il nylon e l'acetato) non possono essere processate.

5 Soffiatura di estruso (stampaggio per soffiaggio)

Un tubo continuo estruso è pizzicato in modo che si formi una saldatura allo stato solido che dà luogo al fondo del contenitore e la preforma così ottenuta è poi soffiata, normalmente con un rapporto di soffiatura di 1.5-3, meno spesso di 7.

Questo metodo ha la produttività più alta.

Si possono realizzare anche componenti molto grandi, come cilindri da 2000 l, mentre plastiche strutturali si possono usare per componenti complessi, come condotti di riscaldamento/raffreddamento per auto e pannelli per strumenti.

Per evitare la necessità di estrusori ad altissima capacità, il fuso viene raccolto in un accumulatore da cui può essere rapidamente estruso nella matrice con un pistone separato.

6 Assottigliamenti localizzati possono essere evitati, oppure lo spessore della parete può essere intenzionalmente variato lungo il percorso programmando il movimento di un mandrino conico nell'ugello della matrice di estrusione.

Le pressioni sono abbastanza basse (0.5-0.8 MPa), perciò si possono usare matrici a pareti sottili, più economiche, in alluminio o acciaio.

7 Soffiatura dopo iniezione

Questo è il processo usato anche per le bottiglie di vetro, a parte il fatto che il *parison* è stampato per iniezione (figura a sinistra), completo di collo, attorno a una barra cava (in bianco al centro del parison) e poi soffiato attraverso la barra (figura a destra).

I parison possono venire raffreddati, immagazzinati e riscaldati per la soffiatura. Molte bottiglie più piccole (fino a 1.5 l) in PVC, PP, PET e policarbonato sono soffiate su macchine indexabili, cioè regolabili per realizzare prodotti differenti.

8 Soffiatura per stiramento. Questo termine viene applicato alla contemporanea espansione radiale e assiale di un parison, producendo un contenitore orientato in modo biassiale.

Il parison viene allungato meccanicamente dalla barra mentre viene espanso dall'aria. Le 2 sequenze mostrate nella slide in realtà mostrano 2 varianti del processo diverse da quella appena descritta. In quella superiore l'espansione radiale e assiale è dovuta all'aria compressa. In quella inferiore prima avviene l'espansione assiale mediante una barra, in seguito aria compressa provoca l'espansione radiale.

Il processo è soggetto alle regole della soffiatura di film estruso. Il parison, estruso o stampato per iniezione, viene prima condizionato, controllando la sua temperatura subito dopo l'estrusione o riscaldando il parison freddo.

Le bottiglie di soda in PET in questo modo sono rafforzate in 2 direzioni.

9 Termoformatura

Termoformatura è il termine applicato alla formatura di fogli termoplastici allo stato gommoso per realizzare contenitori di forma anche molto complessa (la formatura superplastica è stata derivata da questa tecnica).

Usa afferraggi che tengono il foglio lungo il perimetro, un riscaldatore che porta il polimero oltre la temperatura di transizione vetrosa (di solito tra 55 e 90°C) e una matrice che può essere maschio o femmina.

Per replicare la forma dello stampo si usano mezzi meccanici o aria compressa. Poiché la matrice è più fredda, il polimero viene raffreddato (e irrigidito) dal contatto con la matrice e alcune porzioni del pezzo che toccano per prime la matrice diventano rigide mentre sono ancora troppo spesse.

La successiva deformazione è limitata alle porzioni liberamente deformabili e un eccessivo assottigliamento può portare a frattura.

Durante il progetto del processo si presta grande attenzione al controllo della distribuzione dello spessore, mediante la sequenza pianificata di operazioni.

10 1. nelle tecniche più semplici tutta la formatura è ottenuta con il vuoto o sotto pressione. Nella formatura sotto vuoto (Fig. 14-18a) il foglio è (1) serrato, (2) riscaldato oltre T_g e (3) mediante il vuoto forzato a seguire anche i recessi intricati dello stampo femmina.

2. in alternativa, si applica aria calda (Fig. 14-18b) sotto una pressione compresa tra 100 e 2000 KPa, per guidare il foglio nella cavità dello stampo femmina (ovviamente ci devono essere fori di sfogo nella parte sottostante).

Gli angoli di tutti i componenti a pareti diritte sono sottili, come si vedrà dal considerare i punti di primo contatto con la matrice in Fig. 14-18a and b.

Come nello stampaggio per soffiatura, alti valori della velocità di deformazione sono vantaggiosi, perciò il vuoto o la pressione sono applicati in modo rapido.

3. la forma può essere sviluppata con il drape forming tramite uno stampo maschio (simile allo stretch forming dei metalli); forme rientranti si possono formare con un punzone forato per produrre il vuoto, in modo che il polimero sia attirato nei recessi (Fig. 14-18c).

11 4. gli angoli possono essere più spessi deformando il foglio con un punzone (Fig. 14-18d).

Una volta afferrato e scaldato il foglio, il punzone, più freddo, si muove per irrigidire il polimero nei punti che diventeranno gli angoli. In seguito, il pezzo viene prodotto applicando il vuoto.

5. lo spessore delle pareti può essere ulteriormente controllato nella formatura per imbutitura inversa (Fig. 14-18e).

Dopo aver afferrato e scaldato il foglio, viene formato a cupola mediante pressione o vuoto; questa preforma è poi deformata dalla spina e la forma finale viene prodotta facendo conformare il foglio alla spina, alla matrice o a entrambe applicando pressione o vuoto, come nell'idroformatura.

6. Il contatto con le superfici della matrice è eliminato e componenti a forma di cupola di qualità ottica (volte) si possono ottenere soffiando un foglio serrato (formatura libera, il corrispondente del gonfiaggio idraulico delle lamiere).

12 Il materiale di partenza può essere un foglio tagliato o una striscia avvolta che è alimentata da un sistema multistazione (l'equivalente delle linee di matrici progressive).

Il calore può essere fornito al foglio freddo in input, oppure la linea può essere alimentata direttamente dall'estrusore.

Molti termoplastici, inclusi ABS, polipropilene, polistirene, PVC, plexiglass e poliesteri, carichi o no, sono formati per produrre vari prodotti come volte per aerei, fodere per abitacoli

d'auto, rivestimenti di parafanghi, pannelli per edilizia, rubinetti, carene, rivestimenti per frigoriferi e molti tipi di prodotti per confezionamento.

La modellazione al computer ha sostituito la procedura per tentativi in molti casi.

13 Trafilatura a freddo

Il termine si applica allo stiraggio continuo di filamenti e fibre, incluse fibre provenienti da telai o nastri incisi a partire da film.

L'allineamento delle molecole determina un forte aumento della resistenza. Il processo è importante soprattutto per i tessuti e le fibre di rinforzo, comprese polipropilene, poliestere, nylon e fibre aramidiche.

14 Matched-Die Forming (formatura con stampi accoppiati)

La formatura allo stato solido consiste in una deformazione appena sopra T_g (o, per polimeri altamente cristallini come il PP, appena sotto T_m) usando tecniche tipiche dei metalli.

La forgiatura è usata in qualche caso, per esempio per gli ingranaggi, più spesso si usano tecniche per la lavorazione delle lamiere, tra cui la piegatura, l'allungamento e l'imbutitura. Un esempio è mostrato in figura.

Il foglio è scaldato e spinto da una spina calda nello stampo e forzato contro una matrice fredda, spesso in strutture multistazione a rotazione o con navetta, che permettono al componente di raffreddarsi prima dell'espulsione.

Molte vaschette e contenitori per alimentazione sono formati in polipropilene, essenzialmente per stiratura.

Stampigliatura plastica è un termine usato per descrivere la deformazione alla temperatura di fusione di un foglio in polimero termoplastico caricato tra matrici accoppiate fredde, per avere un tempo ciclo corto.

A temperature di preriscaldamento più basse prevale il comportamento elastico perciò lo springback aumenta.

15 7 potenzialità e altre tecniche

Deformare allo stato gommoso corrisponde alla lavorazione a caldo dei metalli. Le temperature di processo sono molto più basse e le plastiche hanno un valore di m molto più alto dei metalli (a parte i superplastici, per i quali si usano le tecniche delle plastiche).

Questi vantaggi fanno sì che lo stampaggio per soffiatura e la termoformatura siano usate per prodotti con pareti sottili anche di grande complessità.

Le bottiglie in PET da 2l sono recipienti in pressione aventi prestazioni notevoli e basta osservare l'interno di un frigo per capire la complessità delle deformazioni ottenibili.

Ci sono anche applicazioni meno visibili ma ugualmente impressionanti, come i serbatoi del carburante delle auto, molto sagomati, gli scolapiatti, i componenti a parete doppia, i pannelli dei cruscotti e i condotti dell'aria.