

4 stampaggio ad iniezione

1 È la tecnica più usata per realizzare prodotti 3D.

È usato con i termoplastici e, più recentemente, anche con i termoindurenti. Il processo richiama la pressocolata a camera calda dei metalli.

2 Trasporto della plastica

Il trasporto può avvenire in 2 modi:

1. le macchine con pistone idraulico possono sviluppare pressioni da 70 a 180 Mpa.

La plastica è scaldata con riscaldatori esterni al cilindro e dallo strisciamento sul siluro (torpedo nella figura) che assicura uniformità al flusso.

3 2. più spesso, si usa una vite rotante. Per fornire la quantità richiesta di plastica fusa allo stampo, la vite di una macchina alternativa è sostenuta da una slitta idraulica che è spinta indietro quando la pressione davanti alla vite aumenta fino a un valore prefissato e si è accumulata la quantità di fuso richiesta per riempire lo stampo. La figura in basso a sinistra mostra il momento in cui si comincia ad accumulare la plastica davanti alla vite.

Quando si è accumulata la quantità prefissata di plastica davanti alla vite, la rotazione si interrompe; la slitta idraulica spinge la vite in avanti e la plastica è iniettata nello stampo, mentre il ritorno della plastica è impedito dalla valvola di non ritorno (figura in basso a destra).

A volte le viti vengono utilizzate anche per alimentare presse per altre tecniche produttive per le plastiche. In alcune macchine la vite viene utilizzata solo per la plastificazione, cioè alimentando la fusione in una camera di iniezione, da cui uno stantuffo separato inietta la fusione nello stampo.

a. i termoplastici sono riscaldati oltre il punto di fusione (170-320°C) mentre lo stampo è mantenuto a una temperatura più bassa (di solito 90°C).

4 Le pressioni di iniezione di solito sono attorno ai 140 MPa ma possono arrivare a 350 MPa nel caso di prodotti a pareti sottili. Normalmente in un minuto si fanno da 2 a 6 cicli.

b. con i termoindurenti il cilindro è preriscaldato tra 70 e 120°C per garantire la plasticizzazione.

L'iniezione sotto alte pressioni (fino a 140 MPa) genera abbastanza calore per raggiungere i 150-200°C nel canale di iniezione. Anche lo stampo è scaldato tra 170 e 200°C.

Il processo viene utilizzato anche per lo stampaggio di BMC caricati con vetro; tuttavia, la carica tende a pendere dalla tramoggia e il recipiente si riempie (?).

5 Durante il raffreddamento una plastica si contrae tra il 7 e il 20% dalla temperatura di stampaggio.

Le plastiche fuse sono comprimibili e le alte pressioni di iniezione servono non solo per riempire lo stampo ma anche comprimere il materiale all'interno.

Inoltre la pressione viene mantenuta durante la prima parte della solidificazione per compensare il ritiro.

Le velocità di flusso possono essere molto alte, tali da rendere significativa l'erosione degli stampi da parte delle particelle dure di riempitivo.

6 Stampi

Come nella pressocolata, lo stampo è apribile per consentire la rimozione del prodotto.

Deve essere mantenuto chiuso durante l'iniezione tramite un pistone idraulico o elementi di serraggio collegati a un circuito idraulico o una morsa meccanica combinata con un cilindro idraulico a corsa corta.

La forza di serraggio viene calcolata a partire dalla proiezione dell'area dello stampo e dalla pressione di iniezione raccomandata.

Si usano espulsori per estrarre il pezzo, mentre sottili sfoghi (0.02-0.08 mm per 5 mm) assicurano che l'aria non rimanga intrappolata.

7 La struttura di un prodotto non è omogenea.

Nei termoplastici, gli strati superficiali in contatto con lo stampo si raffreddano rapidamente e mantengono l'orientamento acquisito durante l'iniezione, mentre le molecole nella parte interna hanno tempo per riavvolgersi. Il risultato è che nascono tensioni interne.

Come nella fonderia, il processo è governato dalle leggi della conduzione termica e della fluidodinamica, ma in questo caso il fluido è sensibile alla velocità di deformazione.

L'alimentazione dello stampo è critica. Il sistema di distribuzione e attacchi è simile a quello usato con i metalli.

8 Gli attacchi non devono essere troppo grandi, altrimenti il fuso refluirebbe quando viene tolta la pressione. D'altra parte, attacchi troppo stretti bloccano il flusso troppo presto, isolando la pressione nella cavità prima che il materiale sia completamente impaccato.

Nonostante questo, talvolta si usano piccoli attacchi perché aumentano la velocità di deformazione di taglio, scaldano la plastica, riducono la viscosità e aiutano il riempimento. In aggiunta, facilitano la separazione del canale di colata.

Il numero e la posizione degli attacchi determina la sequenza di riempimento e l'allineamento delle molecole, perciò la direzione di massima resistenza nel pezzo prodotto, e possono causare segni visibili sulla superficie.

In molte configurazioni i flussi del fuso si uniscono e non si ha completa interpenetrazione delle molecole, determinando linee di saldatura più deboli, che corrispondono alle chiusure a freddo nei metalli.

9 La bassa resistenza meccanica delle plastiche rende possibili soluzioni di alimentazione che non potrebbero essere usate con i metalli.

Si possono realizzare cavità multiple, ma bisogna fare attenzione nell'alimentare ogni cavità alla stessa pressione. La figura h confronta 2 sistemi di alimentazione che si differenziano per questo aspetto.

Come nella colata, il processo è più efficiente se si minimizza il materiale nel sistema di alimentazione.

Questo obiettivo ha condotto allo sviluppo di stampi senza canale di colata, l'ugello si estende fino alla cavità dello stampo ed è riscaldato; una brusca diminuzione di temperatura blocca il flusso, mentre il rapido riscaldamento evita freeze-up.

In altri casi si usano valvole per bloccare il flusso.

Un attacco come quello in figura (a) può dare luogo a contrazioni nel prodotto. Con un attacco poco diverso, mostrato in (b), il problema viene risolto. Un attacco come quello in figura (c), sostanzialmente un canale di colata, fornisce una buona alimentazione, ma è difficile da separare. La soluzione in (d) risolve il problema, ma è meno efficace. Le soluzioni in (e), (f) e (g) alimentano uniformemente lo stampo.

10 Il riempimento dello stampo è modellabile via software.

In questo modo si elimina o riduce la procedura per tentativi che altrimenti si userebbe per trovare lo schema ottimale del sistema di alimentazione. Il riempimento dello stampo è critico anche rispetto al ritiro e alle distorsioni.

Il ritiro è diverso per le varie plastiche, ma è anche determinato dallo spessore e dalle condizioni di processamento, come la temperatura, la pressione di iniezione e il tempo di mantenimento.

11 Le zone più spesse solidificano dopo e il ritiro può causare *risucchi*.

Lo stampaggio ad iniezione assistito gas riduce questo effetto iniettando un gas nello stampo riempito parzialmente.

Il gas sostituisce il fuso meno viscoso, forma cavità interne nelle sezioni più spesse e contribuisce a riempire gli stampi complessi.

12 Il controllo della temperatura e della pressione sono critici.

I software commerciali di complessità crescente aiutano a progettare gli stampi e a settare i controlli di processo tenendo conto delle variabili del materiale e di processo.

I ritmi produttivi vengono aumentati di molto nelle macchine multistazione a piattaforma rotante sulle quali il carico, l'iniezione e lo stripping (ed eventualmente la sistemazione degli inserti) hanno luogo contemporaneamente.

La foto mostra una macchina da 250 tonnellate. La forza è necessaria per impedire l'apertura dello stampo durante l'iniezione. A destra in alto si vede la tramoggia. Andando verso sinistra si ha il contenitore della vite, seguito dallo stampo e dal sistema di serraggio.

13 Altre tecniche di stampaggio

Varie tecniche di stampaggio hanno luogo senza l'ausilio di estrusori.

Stampaggio ad iniezione x reazione (RIM), il cui schema è mostrato in figura

Differisce da altri processi perché al posto del polimero, i reagenti (monomer 1 e 2) sono scaldati e miscelati sotto elevate pressioni (10-20 MPa) in modo che si miscelino quando entrano nello stampo attraverso una camera di riduzione della pressione.

Si ha una buona miscelazione e il polimero si forma direttamente nello stampo.

14 Questa tecnica si usa soprattutto per produrre poliuretano (oggetti solidi, schiume ed elastomeri) in qualche caso il nylon ed epossidici.

Le pressioni nello stampo sono basse (300-700 KPa), perciò anche le forze di chiusura lo sono. Gli stampi sono semplici, economici. Poiché la polimerizzazione avviene nello stampo,

le tensioni interne sono minime e il processo è adatto anche per prodotti grandi, complessi e in materiali caricati, come componenti di carrozzeria auto e di elettrodomestici; i tempi ciclo variano da 1 a 12 minuti.

Per evitare che i rinforzi manifestino una direzionalità, al posto delle fibre si preferisce usare fiocchi di vetro.

15 Stampaggio x compressione

È l'equivalente della forgiatura in stampo chiuso.

Una quantità calibrata di polimero è introdotta nello stampo. Ogni variazione della quantità di polimero provoca una variazione di spessore.

Si possono ottenere tolleranze più strette se una piccola quantità di bava può essere estrusa, di solito lungo il perimetro del punzone.

Si perde più plastica negli stampi con bava, simili a quelli usati nella forgiatura in stampo sagomato.

16 La temperatura di stampaggio è scelta basandosi sull'esperienza. La forza della pressa è calcolata moltiplicando l'area proiettata per una pressione di stampaggio determinata in modo empirico.

Sebbene sia adatta per i termoplastici, la principale applicazione è con i termoindurenti.

Poco dopo la chiusura dello stampo, spesso viene aperto leggermente per favorire l'uscita di gas, vapore ed aria, poi è chiuso di nuovo fino all'indurimento (di solito, 1-5 min).

In questo processo il materiale di scarto è poco o nullo, le cariche non sono orientate e le tensioni interne sono minime.

Lo stampaggio a freddo invece è simile alla sinterizzazione dei metalli; una polvere o materiale di carica (spesso materiali refrattari) sono miscelati con un legante polimerico, compressi in uno stampo freddo e spostati in un forno x indurire.

17 Stampaggio x trasferimento

Polimero in eccesso viene caricato in un recipiente di trasferimento dal quale è spinto attraverso una fessura (canale di colata) nella cavità dello stampo da un punzone che esercita una pressione tra 35 e 100 MPa, mentre la matrice è mantenuta chiusa da un altro pistone di capacità maggiore.

Per alcune plastiche come l'acetato di cellulosa, il PVC rigido o il copolimero in blocco stirene-butadiene sono necessarie pressioni fino a 300 Mpa.

La matrice è costruita in modo accurato e si possono avere cavità multiple alimentate da canali di distribuzione e attacchi separati.

18 La figura (b) mostra uno schema dello stampaggio per trasferimento, il recipiente di trasferimento è quello sotto il punzone, al di sotto c'è lo stampo. La figura (c) fa vedere che il canale di colata è troncoconico per facilitarne la separazione.

Si possono raggiungere ritmi produttivi abbastanza alti sia con termoindurenti che con termoplastici.

Un grande vantaggio è che la plastica acquisisce temperatura e proprietà uniformi nel recipiente di trasferimento prima di entrare in matrice.

La plastica è ulteriormente scaldata dall'azione di taglio attraverso la fessura, la viscosità viene ridotta e la plastica riempie anche dettagli complicati dello stampo.

Questa tecnica è molto usata per connettori elettrici e per incapsulare strumenti microelettronici, perché la plastica a bassa densità non danneggia fili e inserti delicati.