

Appunti sui processi di produzione delle materie plastiche

Stampaggio a iniezione (2 gruppi: gruppo di chiusura dotato di pressa con attuatore lineare e gruppo di iniezione)

Fasi: chiusura (forza di chiusura) - iniezione (forza di chiusura e vite punzonante si muove iniettando plastica riscaldata) - compressione/tenuta (ancora forza di chiusura e raffreddamento) - plastificazione (riempimento del cilindro di materiale) - apertura dello stampo/espulsione (avviene tramite espulsori)

Possono essere usati stampi ad impronte multiple. Questo genera uno stampato con *attacchi di iniezione e distributore*. N.B. stampo a impronta singola, invece, ha la materozza con traccia attacco di iniezione quando la si rimuove (sfrido)

Materiali stampaggio iniezione:

- termoplastici=PE,PP,PS,PC,ABS,PEEK,PAI (di base/tecnici/ad alte prestazioni). Non stampabili:teflon
- termoindurenti=PF,MF,UF,EP,...
- Elastomeri=elastomeri termoplastici(EPDM,SBS,EVA), reticolati(SBR, NBR), plastiche rinforzate a fibra corta, espansi

Il processo stampaggio di iniezione cambia in base a cosa devo stampare. *Per materiali termoplastici* il cilindro è riscaldato e poi lo stampo è raffreddato. *Per termoindurenti* il cilindro è riscaldato ad una temperatura inferiore e poi lo stampo viene riscaldato ad una temperatura superiore.

Stampati realizzati tramite stampaggio a iniezione

Caratteristiche:

- Spessori piccoli e uniformi -> spessore ottimale da 1 a 3 mm non si va oltre i 6 mm di solito
- Varietà di dimensioni -> di solito fino a 700-800 mm, massimo 1 metro
- Forme complesse con sottosquadri
- Buona precisione
- Finitura superficiale e colorazione senza trattamenti secondari
- Volumi di produzione elevati (>10.000 unità)
- Arrotondamento spigoli ad esempio per uno spessore di 2 mm arrotondamento esterno 3mm e interno 1 mm
- Pareti con angoli di spoglia, devono essere inclinate non dritte (dobbiamo indicare l'angolo allo stampista)
- Linea di divisione piana o a gradini su piani paralleli
- Irrigidimenti strutturali (nervature)
- Poppette= cilindri cavi dentro i quali vengono posizionate le viti (se dobbiamo fare una poppetta molto alta dobbiamo farla doppia)
- Borchie = simili a poppette ma più piccoli

Difetti:

- Tracce espulsori
- Tracce attacchi di iniezione
- RITIRO che può provocare: risucchi, distorsioni
- Linee di saldatura di flussi (con grinze!)

IL RITIRO

La cristallizzazione (passaggio dallo stato liquido a solido con formazione di solidi cristallini) provoca una diminuzione di volume. *Ci può essere un ritiro quando il tempo di raffreddamento è insufficiente per far avvenire una completa cristallizzazione.*

Fattori che influenzano il ritiro sono: 1) forma e spessore dello stampato 2) canali e attacchi di iniezione 3) parametri di processo come pressione, temperatura, *tempo di iniezione*

Stampi per iniezione

Funzioni: - distribuiscono il materiale iniettato alle impronte

- permettono la compressione del materiale fuso
- Raffreddano il materiale
- Espellono lo stampato

Materiali: acciaio hot work/inox oppure leghe di alluminio

N.B. esistono stampi multi impronta 2,4,8,16

Si possono realizzare sottosquadri però solo di alcuni tipi e sono necessari dei carrelli interni o esterni per permettere l'estrazione dello stampato

Varianti stampaggio a iniezione

- **Sovrastampaggio**= permette di stampare un componente formato da *2 materiali o con 2 colori diversi*. Avviene con un'*iniezione sequenziale* di due o più masse fuse di materiale/i. Permette di ottenere uno stampato con caratteristiche differenziate senza bisogno di assemblare più parti. Lo stampo per sovrastampaggio è a impronte multiple movimentato rispetto al punto di iniezione.

Esempio: componenti con substrato in elastomero per grip

- **Iniezione di espansi strutturali**= uno schiumogeno gassoso, oppure anche granulare, viene *introdotto* nel materiale plastico a monte o a valle della vite.

vantaggi: è più facile ottenere stampati di dimensioni più grandi. È più adatta questa variante per coprire produzione in serie di minori volumi.

Spessori pareti che vanno da 4 mm a 12 mm (serve per fare grandi spessori!)

svantaggi: Possibilità di avere inserti metallici

Scarsa finitura superficiale(non lucida)



- **Co-iniezione di gas**= serve a produrre componenti con *cavità interne*.

Un gas inerte che non ossida la plastica, di solito l'Azoto, viene iniettato insieme al materiale termoplastico fuso. Il gas sposta questo materiale e in seguito si viene a creare uno stampato dalla cavità interna.



*N.B. Si fa la cavità per produrre oggetti più resistenti, non per ridurre il peso!
Si riducono anche i tempi ciclo.*

- **Iniezione reattiva**= un materiale plastico è ottenuto da due reagenti liquidi. I reagenti sono riscaldati, mescolati e iniettati nello stampo dove avviene la polimerizzazione.

Questa variante viene utilizzata per componenti di grandi dimensioni ma a differenza della variante con iniezione di espansi strutturali può fare forme più complesse e forme flessibili!



Stampaggio a compressione e a trasferimento

Principio di funzionamento: una quantità pre dosata di resina termoindurente viene pressata all'interno di uno stampo riscaldato (lo stampo riscalda il materiale e lo fa indurire) per far assumere al materiale la forma dell'impronta

Tempo ciclo: 1-5 min dipende da materiale, spessori, ecc...

Materiali stampati con queste tecniche: termoindurenti, elastomeri reticolati

Differenze dello stampaggio a trasferimento: c'è un punzone che spinge in avanti il materiale che viene già riscaldato nell'anticamera dello stampo e poi in seguito anche nello stampo come nello stampaggio a compressione.

Materiale sotto forma di compound:

- granulare, pastoso
- Compound BMC
- Fogli di vetro resina SMC (pre-forme laminate, rotoli)



Queste tecniche di stampaggio si utilizzano per grandi volumi di produzione. Permette di stampare componenti di grandi dimensioni!

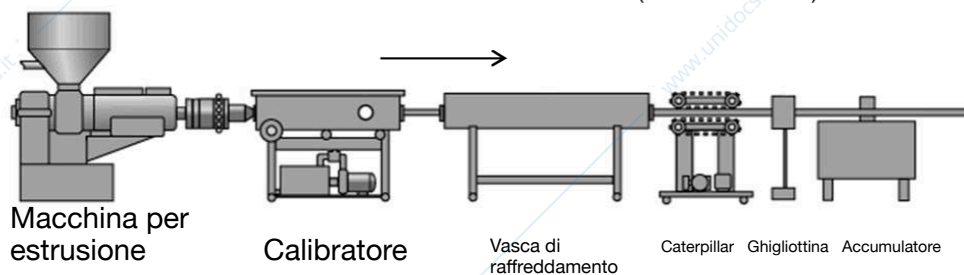
Esempio componente stampato con stampaggio a compressione SMC : cofano Dodge Viper.

Si possono fare pezzi di carrozzeria con spessore tra 2 a 4 mm con risparmio di peso notevole (anche rispetto ad acciaio e alluminio)



Estrusione

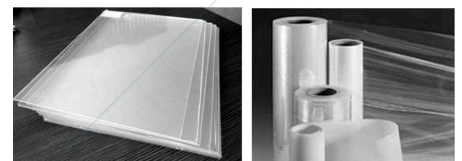
Il polimero in granuli viene inserito in un cilindro attraverso una tramoggia. All'interno di esso viene riscaldato tramite delle resistenze. Vi è una vite rotante che permette il movimento del materiale per farlo passare all'interno di una matrice o filiera (questa può essere semplice oppure ad alta produttività, ovvero formata da più dischi). L'estrusione è la tecnica utilizzata per produrre il 50% di oggetti in plastica e permette di ottenere oggetti lunghi e a spessore uniforme. Vi è un motore che aziona la vite.



Cosa si può fare?

Possono essere estrusi anche fogli (spessore $>0,25$ mm) e pellicole (0,02 - 0,25 mm) attraverso un'estrusione e un successivo passaggio all'interno di rulli.

Possono essere realizzati anche profili co-estrusi realizzati con più materiali diversi oppure stesso materiale ma di colore differente.



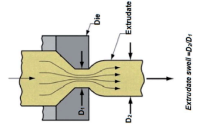


Guaine di rivestimento per cavi elettrici



Pellet per stampaggio

Attenzione: l'estrusione se non progettata correttamente può portare a fenomeni di **SWELLING** cioè di rigonfiamento del materiale quando sta uscendo dalla matrice (o filiera).



Materiali per estrusione:

Requisiti

- bassa fluidità (per miglior controllo della forma)
- Basso ritiro (precisione)
- Bassa rigidezza (resistenza alla rottura con forme complicate)

Materiali più adatti:

Termoplastici amorfi (ps, pvc rigido, pc)

- facili da estrarre
- adatti per profili complessi

Termoplastici cristallini (pe, pp, pa, pvc flessibile)

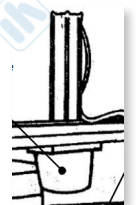
- Difficile da estrarre
- Adatti per profili semplici come tubi e flessibili
- Gomme reticolate

Caratteristiche profili estrusi:

- Cavità
- Nervature
- Sezioni chiuse
- Spigoli
- Differenti spessori

Termoformatura

Un foglio in materiale termoplastico, prodotto tramite estrusione viene riscaldato fino a temperatura di rammollimento e fatto aderire ad uno stampo. In seguito viene fatto il vuoto all'interno dello stampo e questo aderisce all'impronta. Poi lo si raffredda. Possono essere applicate pressioni o forze aggiuntive. A volte può essere presente un *congegno* che spinge il foglio all'interno dello stampo. Ciò che ne ricaviamo viene in seguito tranciato.



Esempio componente termoformato:



Tempi ciclo: pezzi piccoli 10/20 s
Pezzi grandi 20/45 s
Vasche da bagno 3/10 minuti

Materiali:

- termoformabili con facilità : PVC, PMMA, PS, CA, ABS
- Altri: HDPE, PP, PA

Volumi di produzione:

Sia bassi che alti (per volumi bassi abbiamo stampi in legno, resina o gesso. Per volumi alti abbiamo stampi in alluminio)

Variante: *Termoformatura twin sheet* con due fogli per esempio per creare serbatoio auto (i 2 fogli vengono termoformati insieme)



Spessori da 0,2 a 30 mm

Soffiaggio estrusione (extrusion blow molding)

Si parte da un estruso in materiale termoplastico (si può partire anche da uno stampato a iniezione nella variante injection blow-molding e ci sono anche altre varianti). Un semilavorato cavo (chiamato *Parison*) è ottenuto soffiando aria compressa all'interno dello stampo per far aderire il materiale ancora caldo dall'estrusione all'impronta. In seguito avviene il raffreddamento e l'estrazione dallo stampo.

Tramite il soffiaggio vengono realizzati componenti di forma cava come bottiglie, contenitori ecc...

Materiali : HDPE, PET (più frequenti) poi PP, Ps, ecc...

Spessori: 0,4 - 3 mm

- Processo: continuo (estrusore a vite) *oppure* intermittente (cilindro a vite punzonante)
- Difetti parison estruso: grinze non troppo controllate. Si formano anche linee di bava!

Soffiaggio-iniezione

Il parison (n.b. esiste anche la preforma. Rispetto alla preforma il parison non presenta filettatura e ha dimensioni maggiori) viene stampato a iniezione e poi gonfiato con aria compressa. Per fare ciò viene utilizzata una macchina a tavola rotante.

Soffiaggio con stiramento

Le fasi:

- 1) riscaldamento della preforma
- 2) Chiusura dello stampo
- 3) Stiramento (allungamento per aumentarne la resistenza a trazione) e successivo gonfiaggio mediante aria compressa
- 4) Estrazione dallo stampo

N.B. questo processo viene usato per produrre bottiglie di plastica!



Dettagli degli stampati tramite soffiaggio:

- raccordi ampi nell'ordine di alcuni millimetri (proibiti spigoli vivi!)
- Spessore del collo non troppo piccolo
- NO sporgenze effettive
- Corrugamenti
- Nervature cave
- Saldature a punto o a costola

Stampaggio rotazionale

Del materiale termoplastico liquido o in polvere viene caricato in uno stampo che viene messo in rotazione intorno a due assi (ruota su se stesso e nel frattempo si ribalta su se stesso). Fasi:

- 1.) caricamento del materiale
- 2.) riscaldamento attraverso un forno in cui il materiale fonde e ricopre le pareti interne dello stampo
- 3.) Lo stampo attraversa una stazione di raffreddamento dove il materiale solidifica
- 4.) estrazione del roto-stampato



Sistema a giostra

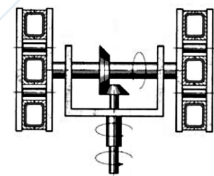
Il materiale dev'essere liquido o in polvere perché deve essere **MOLTO FLUIDO** in modo da espellere tutta l'aria al suo interno il più velocemente possibile (visto che già il processo di riscaldamento dura molto). Viene riscaldato a 200°C/300°C. Il riscaldamento dura da 5 a 15 minuti!

N.B. polvere o liquido vengono prodotti macinando il pellet.

Perché è necessaria una rotazione bi-assiale? Perché noi non vogliamo pressione all'interno dello stampo. Sfruttiamo la gravità per fare questo processo. Non possiamo andare oltre 10/20 giri al minuto perché altrimenti entra in gioco la forza centrifuga.

TEMPO CICLO TOTALE 8/30 minuti

Necessita di stampi multipli : 2/3 per pezzi grandi - 20/30 per pezzi piccoli



Oggetti prodotti con questa tecnica: telai e carcasse - serbatoi - arredamento - palloni da spiaggia - giocattoli (bambole) - cestini

Vantaggi:

- ampia gamma di dimensioni (fino a decine di m³)
- Possibilità spessori elevati
- Stampi più economici rispetto a quelli per il processo di soffiaggio

Svantaggi:

- Tempi ciclo lunghi
- Scelta materiali limitata
- Superficie porosa
- Materiale grezzo più costoso rispetto a quello utilizzato nel processo di soffiaggio

Caratteristiche stampati (in generali simili a stampaggio per iniezione):

- Spessore uniforme
- Angoli arrotondati
- Filettature
- Sottosquadri
- Angoli di spoglia

Stampi:

- Lamiera in acciaio saldata
- Fusioni/ fresati alluminio
- Elettroformati nichel

Extra:

- cos'è il tonnellaggio di una pressa per iniezione? In che modo si può verificare che una pressa abbia il tonnellaggio sufficiente per stampare un componente?

La pressa per iniezione è la macchina utilizzata nello stampaggio a iniezione. Può essere oleodinamica o elettrica. La pressione a cui lavora una tipica pressa per iniezione è di 1000 Bar. Per stampare oggetti piccoli serve una macchina dalle piccole dimensioni, poco costosa e con meno forza di chiusura. Viceversa accade per stampare oggetti più grandi.

Dobbiamo progettare componenti che non vanno oltre 700/800 mm di grandezza. Oltre 1 metro non si può andare perché non esiste una pressa così potente.

Si può verificare che una pressa abbia il tonnellaggio sufficiente per stampare un componente attraverso dei calcoli: si calcola il tonnellaggio minimo di chiusura dello stampo e lo si fa con questa formula: $F(\text{spinta del materiale sullo stampo}) = A(\text{area proiettata}) * P(\text{pressione max nell'impronta})$