

# Ecodesign per Imballaggio Alimentare

## UNITA' 8: La Plastica negli imballaggi alimentari

Gabriel Laslu, Dipl. Eng. (IDT1), [gabriel.laslu@gmail.com](mailto:gabriel.laslu@gmail.com)

Gabriel Mustatea, Ph. D. [gabi.mustatea@bioresurse.ro](mailto:gabi.mustatea@bioresurse.ro)

8.1 Definizione e classificazione, plastica utilizzata negli imballaggi alimentari .....	1
8.2 Riciclo della plastica.....	6
8.2.1 L'importanza del riciclo .....	6
8.2.2 Sistema di identificazione della plastica SPI .....	7
8.3 Tecnologie di imballaggio in plastica.....	11
8.3.1 Estrusione.....	11
8.3.2 Termoformatura .....	15
8.3.3 Stampaggio a iniezione .....	16
8.3.4 Stampaggio a compressione .....	17
8.4 Progettazione di imballaggi in plastica finalizzati al riciclo .....	18
8.4.1 Concetti di eco-progettazione .....	19
8.4.2 Permeabilità delle materie plastiche .....	19

A conclusione di questa lezione, lo studente sarà in grado di:

- Conoscere le principali tipologie di plastiche utilizzate nell'imballaggio alimentare;
- Capire l'importanza e le possibilità offerte dal riciclo, riutilizzo dei rifiuti di plastica;
- Conoscere le tecnologie di base dell'imballaggio in plastica;
- Essere in grado di utilizzare le conoscenze di progettazione degli imballaggi in plastica nell'attività di eco-progettazione



## 8.1 Definizione, classificazione delle materie plastiche utilizzate negli imballaggi alimentari

La plastica è un materiale sintetico costituito da una vasta gamma di polimeri organici quali polietilene, PVC, nylon, ecc., che possono essere stampati in varie forme e quindi fissati in una struttura rigida o elastica.

Le materie plastiche sono ampiamente utilizzate per materiali da imballaggio e nella costruzione di attrezzature e impianti, lavorazioni della catena alimentari, per i seguenti motivi:

- sono flessibili e possono essere modellate in determinate condizioni, per la produzione di lamine, strutture e forme varie;
- in genere, sono chimicamente inerti, sebbene non necessariamente impermeabili;
- sono vantaggiose dal punto di vista economico e soddisfano le esigenze del mercato;
- sono leggere;
- forniscono varie possibilità in termini di trasparenza, colore, isolamento termico, resistenza al calore e proprietà barriera.

Le Termoplastiche vengono prodotte utilizzando il calore quindi il prodotto finito termoplastico, se riscaldato, si ammorbidisce e si fonde. Al contrario, i materiali termoindurenti possono essere fusi, ma una volta raggiunta la forma finale, quindi dopo che si sono solidificati, rimangono solidi e, a differenza dei termoplastici, non possono essere fusi nuovamente.

### **Vantaggi dei materiali termoindurenti:**

- a) più resistente alle alte temperature dei termoplastici;
- b) il design estremamente flessibile;
- c) può raggiungere pareti spesso o sottili;
- d) estetica eccellente;
- e) elevati livelli di stabilità dimensionale;
- f) costi più bassi dei termoplastici.

### **Vantaggi dei materiali termoplastici:**

- a) elevata riciclabilità;
- b) estetica superiore;
- c) elevata resistenza all'impatto;
- d) capacità di essere modificati in altre forme;
- e) resistenza chimica;
- f) la superficie può avere aspetto cristallino o gommoso;
- g) produzione organica.



#### **Svantaggi dei termoindurenti:**

- a) non possono essere riclati;
- b) maggiori difficoltà di finissaggio;
- c) non possono essere fusi di nuovi e rimodellati.

#### **Svantaggi dei termoplastici:**

- a) di solito più costosi dei termoindurenti;
- b) può fondere se riscaldato incidentalmente.

**Nell'Unità IV, vengono presentati i concetti relativi alla legislazione UE** sui materiali da imballaggio, plastica, plastica riciclata, film plastici, e quelli relativi alle proprietà barriera e di migrazione (vedasi anche allegati 1 e 3 della UNITA' IV ).

Le tipologie di polimeri utilizzate nell'imballaggio alimentari sono:

- **Polietilene (PE);**
- **Polipropilene (PP);**
- **Poliesteri (PET, PEN, PC) (notea: a volte marchio PET e PETE);**
- **Polivinil cloride (PVC);**
- **Polistirene (PS);**
- *Ionomeri;*
- *Etilene vinil acetato (EVA);*
- *Polammidi (PA);*
- *Polivinildencloruro - dicloruro di vinilidene (PVdC);*
- *Stirene Butadiene (SB);*
- *Acrilonitrile Butadiene Stirene (ABS);*
- *Etilene – alcol polivinilico (EVOH);*
- *Polimetilpentene (PMP o TPX);*
- *Polimeri nitrilici ad elevato grado di polimerizzazione (HNP);*
- *Fluoropolimeri (PCTFE/PTFE);*
- *Materiali da cellulosa;*
- *Polivinil acetato (PVA).*

Tutti i materiali sopra citati sono termoplastici. Nell'UE, rappresentano il 56% della plastica totale utilizzata, il PP, il PET, il PS (incluso il polistirolo espanso EPS) e il PVC rappresentano la maggior parte del rimanente. Le altre materie plastiche citate sono utilizzate per migliorare le proprietà barriera, la resistenza al calore o di assemblaggio.

Di seguito verranno presentate le proprietà dei materiali plastici, PP e PET, mentre quelle degli altri materiali sono reperibili nell'allegato 2.



## **Poliestere:**

- **Polietilene (PE)** - Si tratta del polimero più utilizzato in volume e il più conveniente. Le condizioni di processo controllano il grado di ramificazione lungo la catena del polimero e, quindi, la densità e le altre proprietà dei film e di altri tipi di imballaggio. I film in PE presentano buone proprietà barriera all'umidità e al vapore acqueo, ma non a O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e altri gas, tuttavia, le proprietà barriera aumentano con la densità del materiale. Ha un punto di fusione di 120 °C, che aumenta con la densità. Tipologie di polietilene: LDPE – bassa densità (PE a bassa densità) prodotto di solito in film di 30 µm, LLDPE – lineare LDPE film (film PE lineare a bassa densità), caratterizzato da una catena polimerica corta, presenta proprietà elevate di resistenza alla lacerazione e all'impatto, MDPE o film PE a media densità è caratterizzato da una resistenza meccanica più elevata di LDPE. Per esempio, il LDPE può essere co-estruso con il MDPE per combinare la giusta rigidità del LDPE con la resistenza del MDPE per rivestire le buste contenenti zuppe disidratate. HDPE o PE ad alta densità, è il polimero più resistente e può essere estruso in film (lamine) sottili. Questo film è utilizzato per le applicazioni di tipo "cottura con sacchetto". Per migliorare la capacità di sigillare, l'HDPE può essere co-estruso con LDPE. L'HDPE viene utilizzato per chiusure, scatole, pallet e tamburi stampati a iniezione e può essere stampato con manopola per contenitori con volume intermedio. Una delle principali applicazioni dell'HDPE sono i contenitori di latte, modellati per soffiatura, con una capacità di 0,5-3 l;

- **Polipropilene (PP)** - Il polimero è una resina più dura, densa e trasparente del PE nella sua forma originaria. Il PP ha la densità più bassa e il punto di fusione più alto tra i polimeri termoplastici maggiormente diffusi e ha un costo relativamente basso. La plastica ha molte applicazioni per il confezionamento di prodotti alimentari quali film flessibili e forme rigide. L'alto punto di fusione del PP (160 °C) lo rende adatto per le applicazioni in cui è richiesta la resistenza al calore, ad esempio nella confezione di „riempimento a caldo” (hot fill) e per forno a microonde. Il PP può essere laminato per estrusione con il PET o con altri film resistenti alle alte temperature per ottenere strisce termosaldabili che possono resistere a temperature fino a 115-130 °C, ed essere utilizzate per la sterilizzazione. A differenza del PE, il film diventa fragile appena sotto 0 °C e presenta incrinature inferiori a -5 °C e pertanto non dovrebbe essere usato se l'applicazione richiede il congelamento. Il film OPP o BOPP (film orientati di PP), d'altra parte, è adatto per la conservazione mediante congelamento. I film OPP non si saldano facilmente insieme per riscaldamento, poiché la temperatura di fusione è prossima alla temperatura di restringimento del film. Tuttavia, l'OPP rivestito con acrilico ha un buon funzionamento, compresa la termosaldatura. Il rivestimento acrilico fornisce anche una buona barriera agli odori. Una barriera per migliorare la tenuta al gas e al vapore acqueo si ottiene rivestendo con PVdC - polivinilcloruro-vinilidene (cloruro di polivinilidene). PP e PE hanno i valori più bassi di tensione superficiale e richiedono un trattamento aggiuntivo per renderli adatti alla stampa, spalmatura e laminazione.



Ciò si ottiene con la corrente elettrica di scarica ad alta tensione (corona), il trattamento con ozono o con getti di gas. Questi trattamenti facilitano l'ossidazione della superficie e, quindi, migliorano l'adesione o il fissaggio di rivestimenti, inchiostri, stampa e adesivi. La gamma di prodotti alimentari confezionati in film di PP include biscotti, patatine e snack, cioccolato e dolci, gelati e surgelati, tè e caffè. Il film metallizzato, PP, può essere utilizzato per snack e patatine in cui è necessaria una barriera più alta o una maggiore durata di conservazione. Il cartone può essere spalmato con PP per essere utilizzato nella confezione di cibi congelati oppure nei vassoi che possono essere riscaldati dal consumatore nel microonde e nel forno. Le principali applicazioni del PP nel settore alimentare sono per vasetti e tubetti, stampati ad iniezione, per yogurt, gelati, burro e margarina;

- **Polietilene tereftalato (PET o PETE)** - PET è un poliestere risultante dalla polimerizzazione dell'acido tereftalico con l'etilenglicole alcolico. Può essere: soffiato, iniettato in stampi, schiumato, spalmato per estrusione sul cartone o estruso in fogli per termoformatura, può essere orientato in biassiale (vedasi anche paragrafo 8.3). Lo spessore del film è compreso tra 12 µm, per film di poliestere fino a 200 µm per film ottenuti per laminazione. I film di PET non usano additivi. Il PET ha una resistenza più elevata rispetto ad altri polimeri e dall'orientamento delle fibre acquisisce un'alta resistenza alla rottura. Ha più radicali che si legano con altri prodotti chimici, dando alla superficie una maggiore reattività con gli inchiostri. Il PET fonde ad una temperatura elevata di 260 °C e non si restringe al di sotto di 180 °C. Questo rende il PET adatto per l'uso in applicazioni ad alta temperatura come: la cottura di cibi precotti a vapore e per la cottura o il riscaldamento nel forno a microonde o convenzionale. Il film è flessibile fino a -100 °C. Può essere laminato con PE per ottenere buone proprietà di termosaldatura. Inoltre, l'uso del rivestimento con PCdC fa ottenere buone proprietà barriera e di termosaldatura. Ha un effetto barriera di tipo medio per O<sub>2</sub>, ma tramite processo di metallizzazione con fogli di alluminio presenta elevate proprietà barriera per O<sub>2</sub> e vapore acqueo e viene utilizzato per i sacchetti di caffè sottovuote, se laminato su entrambi i lati con EVA viene utilizzato nei sacchetti per liquidi con caratteristiche di tenuta elevata. Il cartone estruso con PET viene utilizzato per la produzione di vassoi per riscaldare gli alimenti. Il PET viene utilizzato nella produzione di bottiglie per bevande gassate e acque minerali;

- **Un altro poliestere è il polietilene neftalene dicarbossilato (PEN)** - È resistente ai raggi UV e presenta una migliore resistenza alla temperatura del PET. Può essere fabbricato come film e soffiato nello stampo come il vetro, può essere usato come monopolimero o copolimero con PET;

- **Policarbonato (PC)** È un poliestere che contiene un gruppo di carbonato nella struttura. Viene utilizzato prevalentemente come sostituto del vetro, è resistente al calore e molto resistente e durevole. In passato veniva utilizzato per bottiglie di latte a



rendere, vassoi di cottura per alimenti surgelati e, se coestruso con nylon, anche per bevande gassate;

– **Cloruro di polivinile (PVC)** - Il PVC non plastificato (UPVC) ha proprietà utili, ma è un materiale rigido e fragile ed è necessaria una lavorazione per poterlo utilizzare con successo. La flessibilità può essere ottenuta con l'inclusione di plastificanti, una superficie a basso attrito con agenti di scorrimento, vari colori aggiungendo pigmenti e un miglioramento della temperatura di lavorazione mediante l'aggiunta di agenti stabilizzanti. Grande cautela va posta nella scelta degli additivi utilizzati nel film che entreranno in contatto diretto con gli alimenti, in particolare per quanto riguarda la migrazione dei componenti degli imballaggi nei prodotti alimentari. Il UPVC rigido è utilizzato per vassoi trasparenti o colorati per cioccolato e biscotti. Viene utilizzato con MAP per vassoi termoformati per confezionare insalate, panini e carni cotte. La maggior parte dei film in PVC sono prodotti per estrusione. Può essere orientato per produrre un film ad alto restringimento che può arrivare anche al 50% a temperature piuttosto basse. Il PVC stampato può essere utilizzato per etichette a caldo su contenitori di plastica o di vetro;

– **Polistirene (PS)** – Il PS ha diversi usi come imballaggio, può essere estruso come film monostrato, co-estruso come film termoformabile, stampato ad iniezione e schiumato per fornire varie tipologie di imballo. Viene anche co-polimerizzato per ampliare le sue proprietà. Ha buona trasparenza ed è rigido. Per le etichette viene utilizzato un film pigmentato bianco. Il film è stampabile. Ha basse proprietà di barriera a gas e vapore acqueo, è adatto per il confezionamento di prodotti freschi. Il principale svantaggio è che il PS dà origine a un contenitore rigido o semirigido e fragile. Pertanto, può essere miscelato con un copolimero di butadiene-stirene, SB o SBC. La miscela è nota come polistirene o HIPS ad alto impatto. La miscela produce un materiale più duro. È traslucido ed è spesso usato in forma bianca pigmentata. L'HIPS può essere termoformato per prodotti a breve scadenza come i latticini. L'HIPS viene anche utilizzato nell'estrusione di fogli multistrato con una varietà di altri polimeri, PE, PP, PET, PVdC ed EVOH. I prodotti alimentari confezionati con questi materiali includono latticini come yogurt e dessert, latte UHT, formaggio, burro, margarina, marmellata, composta di frutta, carne fresca, pasta, insalate, ecc. Molti di questi prodotti sono confezionati asetticamente con termoformatrici, riempitrici e sigillatrici<sup>1</sup>.

**Additivi:** I prodotti di plastica sarebbero un fallimento commerciale senza gli additivi. Si tratta di sostanze chimiche organiche o inorganiche che consentono la lavorazione della plastica e il miglioramento delle prestazioni finali. La plastica può contenere dallo 0,05% al 20% in peso di additivi. Gli additivi sono classificati in base alla loro funzione e non alle sostanze chimiche di cui sono composte e sono utilizzati in conformità con la legislazione e le norme ambientali dell'UE. Circa il 75% di tutti gli

---

<sup>1</sup> RICHARD COLES, DEREK MCDOWELL, MARK J. KIRWAN FOOD PACKAGING TECHNOLOGY, Blackwell Publishing Ltd, 2003



additivi sono utilizzati nel PVC. Gli additivi che vengono applicati per modificare le proprietà delle materie plastiche rappresentano circa il 70% del totale, il 23% si applica per estendere le loro proprietà e circa il 7% nei processi di lavorazione<sup>2</sup>.

## 8.2 Il riciclo della plastica

### 8.2.1 L'importanza del riciclo

Oggi, le materie plastiche sono di uso comune tuttavia, per decomporsi, impiegano oltre 500 anni. Ecco il motivo per cui il riciclo e il recupero di questi materiali a fine vita è diventato un fattore essenziale richiesto dall'UE. L'imballaggio in plastica è riciclabile e un sempre maggior numero di imballaggi in plastica incorpora materiale riciclato. La legislazione dell'UE ora consente l'uso di plastica riciclabile in nuovi imballaggi per alimenti. Il riciclo di una tonnellata di bottiglie di plastica consente di risparmiare 1,5 tonnellate di carbonio e una bottiglia di plastica consente di risparmiare energia sufficiente ad accendere una lampadina da 60 watt per 6 ore<sup>3</sup>.

L'uso di monomateriali o materiali misti dello stesso tipo sono adatti per il riciclo e, ove possibile, mentre combinazioni di diversi tipi di plastica con densità simili andrebbero evitate. L'obiettivo è ridurre al minimo il numero di materie plastiche utilizzate e specificare quali materie plastiche possono essere riciclate insieme o facilmente separate durante il processo di riciclo. Tuttavia, al fine di fornire sia le proprietà tecniche richieste sia le esigenze degli utenti, a volte è necessaria una combinazione di diversi tipi di materiali.

In queste condizioni, è necessario utilizzare materiali a densità differenziata per facilitare la separazione di materiali incompatibili durante il taglio o la frantumazione meccanica o successivamente nel processo di lavaggio. Le combinazioni di diversi tipi di plastica della stessa densità dovrebbero essere evitate.

- Il PET ha un peso specifico inferiore a quello dell'acqua e quindi affonda. Nel processo di lavaggio in PET, i tappi o le etichette in polipropilene (PP) o polietilene ad alta densità (HDPE) galleggiano e possono essere facilmente rimossi.

- I filler che modificano la densità della plastica dovrebbero essere evitati e / o il loro uso ridotto al minimo in quanto riducono la qualità del materiale riciclato.

- La contaminazione PET PVC è un problema potenzialmente importante perché questi due polimeri hanno densità simili più pesanti dell'acqua. La presenza di livelli molto bassi di PVC (ca50-200ppm) nel PET riciclato provoca un significativo deterioramento delle proprietà chimiche e fisiche e può compromettere grandi quantità

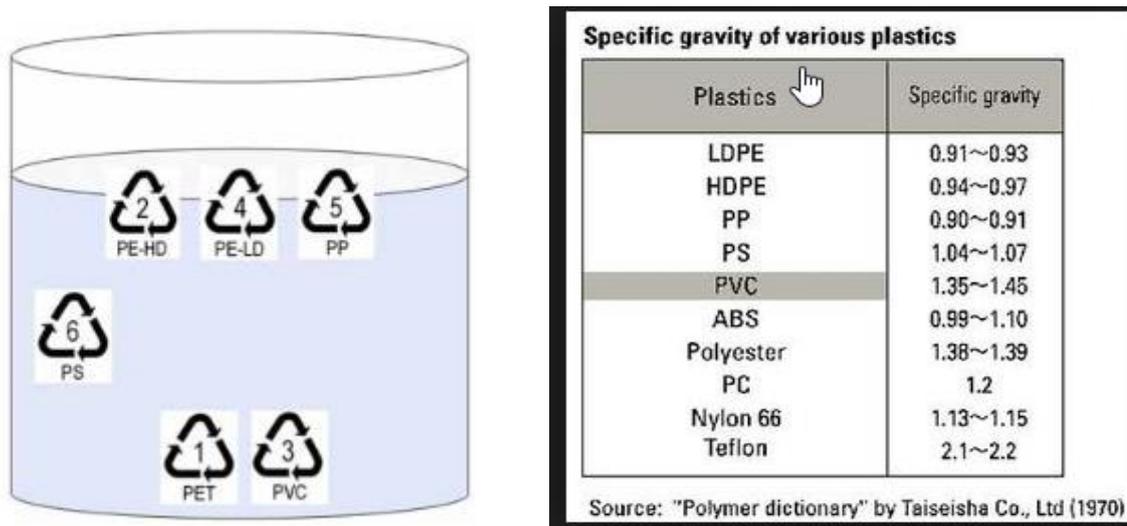
---

<sup>2</sup> Plastic Packaging edited by Otto G Piringer & Albert L. Baner

<sup>3</sup> Plastics packaging / [www.bpf.co.uk](http://www.bpf.co.uk)



di PET riciclato per la maggior parte delle applicazioni di riciclo. Per questo motivo, l'uso di componenti in PVC di qualsiasi tipo nella produzione di contenitori in PET dovrebbe essere scrupolosamente evitato. Questi componenti comprendono generalmente dispositivi di sicurezza, sigilli, etichette, manicotti e sigilli di sicurezza.- L'uso di PLA (materiale biodegradabile) con PET dovrebbe essere evitato. I due polimeri sono incompatibili e non possono essere facilmente separati (entrambi hanno una densità > 1 g / cm<sup>3</sup>). La presenza di livelli molto bassi di PLA nel PET provoca opacità del contenitore e un deterioramento delle proprietà fisiche del PET riciclato. Inoltre, il PLA causa problemi di elaborazione nell'essiccatore perché si scioglie alla temperatura di essiccazione<sup>4</sup>.



**Fig 1.: Densità dei polimeri usati nell'imballaggio.**

## 8.2.2 Sistema di identificazione della plastica SPI

Al fine di facilitare il corretto smistamento di bottiglie e contenitori di plastica, che si trovano frequentemente nei rifiuti di tipo residenziale, a scopo di riciclo, la Society of Plastic Industry (SPI) nel 1988 ha creato un sistema di simboli per individuare i polimeri ai fini del riciclo SPI Symbol System (SPI), noto anche come sistema di codifica dei contenitori di plastica. Per facilitare l'identificazione visiva del tipo di plastica durante la separazione manuale, il contenitore e il coperchio di plastica devono recare un identificativo del materiale (simbolo). Il simbolo deve essere visibile e preferibilmente versato sulla superficie del contenitore o, nel caso di pellicole, ripetutamente stampato sul materiale. Gli identificatori devono generalmente essere classificati alla base del contenitore. Eccezionalmente, l'identificatore può essere posizionato vicino alla base o stampato sull'etichetta. La Tabella 1 mostra le sette categorie di plastica codificate da SPI.

<sup>4</sup> PETCO\_Design\_4, Plastics packaging recyclability by design – Recycling guide [www.petco.co.za](http://www.petco.co.za)



Le prime sei categorie indicate rappresentano circa il 90% di tutte le materie plastiche prodotte. Circa l'8% delle materie plastiche utilizzate sono le cosiddette "tecnopolimeri", le cui proprietà meccaniche e capacità di carico sono state aumentate. Esempi: poliammide (PA), policarbonato (PC), acrilonitrile butadiene stirene (ABS), stirene acrilonitrile (SAN), poliestere, ecc. Vedere anche il punto 8.1 e l'allegato 2.

**Tab. 1: Materie plastiche codificate dai simboli SPI:**

SIMBOLO SPI	CARATTERISTICHE	RICICLO
 PET/PETE	PLASTICA # 1 – POLIETILENE TEREFTALATO - PETE or PET - I contenitori prodotti con questa plastica a volte assorbono odori e sapori da cibi e bevande che sono conservati all'interno. Sono utilizzati per: bibite, acqua e altre bottiglie per bevande, burro di arachidi e altri contenitori per detersivi e contenitori per la pulizia ecc.	I rifiuti PET vengono riciclati in: nuove bottiglie, poliestere per tessuti e tappeti, riempitivo per paraurti per auto e sacco a pelo e fibre per giacca.
 HDPE	PLASTICA # 2 – POLIETILENE ALTA DENSITA' - POLIETILENE HDPE - HDPE i prodotti sono molto sicuri e non ci sono casi noti di trasmissione di sostanze chimiche in alimenti o bevande. Sono utilizzati per: contenitori per latte e acqua, sacchetti di plastica, contenitori per detersivi, shampoo e olio motore, ecc.	I contenitori HDPE trasparenti sono facili da riciclare in nuovi contenitori. I rifiuti colorati in HDPE vengono convertiti in legname plastico, cordoli da giardino e prati, tubi, corde e giocattoli.
 PVC/V	PLASTICA # 3 – CLORURO DI POLIVINILE - PVC o V - Il contenuto di monomero di cloruro di vinile con cui il PVC è polimerizzato è riconosciuto come cancerogeno ed è stato drasticamente limitato, altri prodotti chimici pericolosi sono comunemente usati come additivi per PVC che, non essendo legati chimicamente, possono infiltrarsi durante l'uso e lo smaltimento come rifiuto. Il plastificante più comune (DEHP ftalato) è sospettato di essere cancerogeno. I diluenti dell'acido ftalico sono contaminanti globali e oltre il 90% sono utilizzati solo per la produzione di PVC. I fogli di plastica utilizzati nelle serre contengono DBP ftalato, che 200 pips (un trilione di grammo) per litro possono uccidere le	Il riciclo non è tecnicamente e economicamente fattibile. Il riciclo termico non può essere effettuato a causa dei particolati particolarmente pericolosi emessi dal riscaldamento del PVC. Viene utilizzato il riciclo a pressione. Attualmente, solo il 3% è riciclato, vecchi prodotti in PVC che richiedono miscelazione con materiale vergine per ricreare materiale di qualità. La maggior parte dei rifiuti raccolti viene



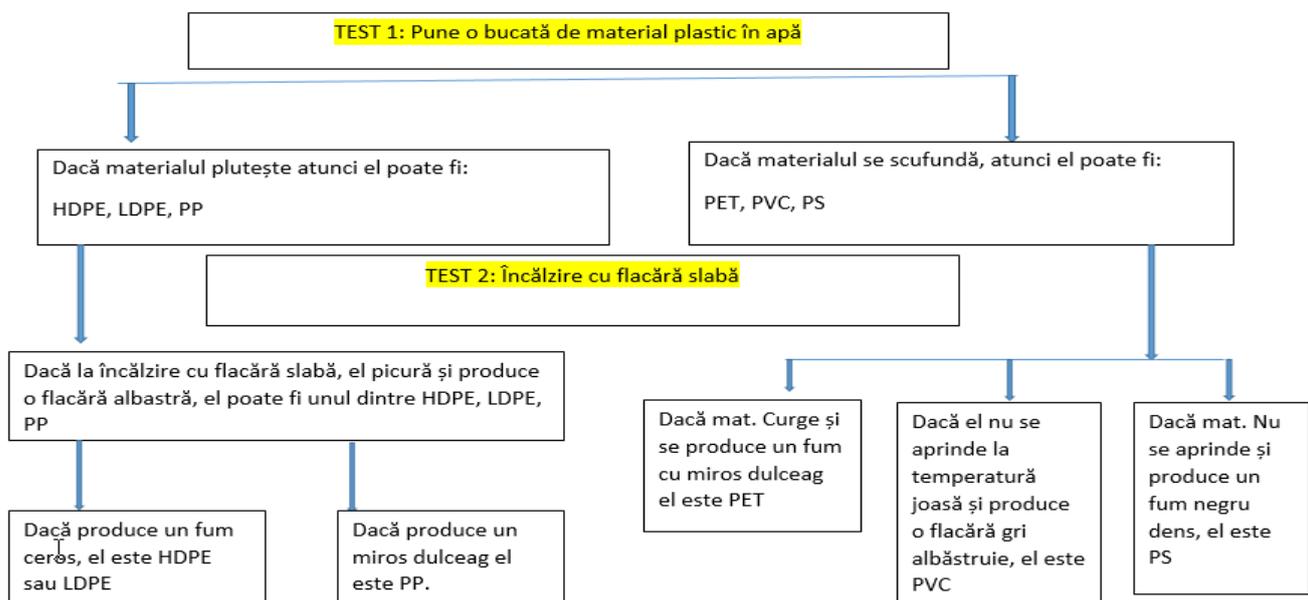
	<p>piante. Questo tipo di plastica potrebbe entrare in contatto con il cibo. È usato come film di avvolgimento a causa della resistenza alla trazione. Negli imballaggi per alimenti questo materiale tende a essere sostituito.</p>	<p>utilizzata per prodotti di qualità inferiore come i banchi del parco o le barriere antirumore.</p>
 LDPE	<p>PLASTICA # 4 - Polietilene a bassa densità - polietilene LDPE - LDPE di solito non viene riciclato ma è riciclabile. È una plastica molto salutare che tende ad essere sia resistente che flessibile. Le pellicole per imballaggio alimentare, i sacchetti sandwich, gli alimenti surgelati, le bottiglie a pressione e le buste per alimenti in plastica sono confezionate in LDPE.</p>	<p>LDPE riciclato viene utilizzato per produrre bidoni della spazzatura, legname, mobili, ecc..</p>
 PP	<p>PLASTICA # 5 – POLIPROPILENE - PP – di solito non viene riciclato. Questo tipo di plastica è resistente anche ad alte temperature. Vengono utilizzati per pellicole avvolgenti, contenitori di margarina, scatole di yogurt, bottiglie di sciroppo, ecc. I tappi di plastica sono spesso realizzati in PP.</p>	<p>Il PP è difficile da riciclare. Il PP riciclato viene utilizzato per fabbricare raschietti, rastrelli, cavi batteria, ecc.</p>
 PS	<p>PLASTICA # 6 - POLISTIRENE - POLISTIRENE PS - Polistirolo. Viene riciclato, ma data la complessità del processo finisce spesso in discarica. Vengono utilizzate due forme: polistirene rigido per cassette CD, posate; Polistirolo in forma (Styrofoam) utilizzato in contenitori per alimenti, imballaggi, isolanti, cartoni per uova, bicchieri usa e getta, scatole per alimenti in plastica, imballaggi in schiuma e confezioni di arachidi.</p>	<p>Affonda in acqua, non gocciola quando esposto alla fiamma e produce fumo nero e sporco e un odore di bruciato quando la temperatura della fiamma aumenta. Sebbene il suo riciclo in teoria sia possibile, rimane costoso. PS Riciclato viene utilizzato per realizzare isolanti, cornici targhe, righelli, ecc.</p>
 Other	<p>ALTRO - Il codice SPI 7 viene utilizzato per indicare diversi tipi di plastica che non sono definiti dagli altri sei codici. Policarbonato e acido polilattico (PLA) sono inclusi in questa categoria. Policarbonato o PC è usato per biberon, grandi bottiglie d'acqua, compact disc e contenitori per medicinali. I materiali riciclati di questa categoria vengono utilizzati, tra gli altri prodotti, per la produzione di legname in plastica. L'acido polilattico è un poliesteri alifatico termoplastico prodotto da risorse rinnovabili, come l'amido di mais (negli Stati Uniti) o la canna da zucchero nel resto del mondo.</p>	<p>Questi tipi di plastica sono difficili da riciclare. Il PLA è biodegradabile in presenza di ossigeno ed è difficile da riciclare.</p>



Alcune pubblicazioni forniscono indicazioni utili sulla sicurezza dell'uso della plastica.<sup>5</sup>

# 1 PETE (Tipico tereftalato di polietilene). Bottiglie d'acqua, soda e succo non destinati al riutilizzo o allo stoccaggio a causa della possibilità di accumulo di batteri, se li riutilizzate, assicuratevi di averli puliti correttamente. In genere, le materie plastiche considerate sicure per alimenti e bevande sono:  
# 2 HDPE (polietilene ad alta densità) per uso alimentare;  
# 4 LDPE (polietilene a bassa densità);  
# 5 PP (polipropilene).

I materiali considerati pericolosi non sono sicuri per alimenti e bevande. Possono infiltrarsi o contenere sostanze pericolose:  
# 3 PVC (polivinilcloruro) cancerogeno durante la fabbricazione e l'incenerimento;  
# 6 PS (polistirolo) potenzialmente cancerogeno;  
# 7 Altro (solitamente policarbonato, a volte etichettato, il PC può infiltrarsi nel BPA (bisfenolo-A), un composto organico sintetico utilizzato nelle materie plastiche, ha proprietà simili agli ormoni e non è adatto per l'uso negli imballaggi alimentari, è vietato usare questa plastica sulle bottiglie destinato ai bambini). Per la determinazione pratica del materiale quando il simbolo non è noto, <http://www.northstarrecycling.com/sorting-plastic-for-industrial-recycling/> propone le due prove di FIG. 2.



<sup>5</sup> <http://modernsurvivalblog.com/preps/safe-plastics-for-food-and-drink/>



Fig. 2: Test proposti per la determinazione del materiale plastico in assenza del simbolo.

### 8.3 Tecnologie utilizzate per imballaggi in plastica

Vengono presentate alcune delle tecnologie utilizzate nella produzione di imballaggi alimentari in plastica. Una presentazione più dettagliata nell'allegato 1.

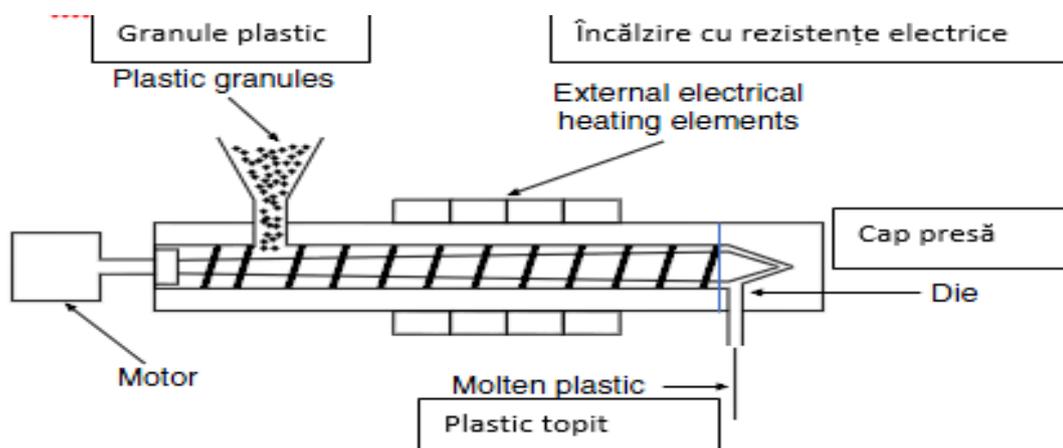
Le tecnologie chiave per ottenere il packaging dei polimeri sono:

- estrusione;
- iniezione;
- compressione

#### 8.3.1 Estrusione

La materia prima plastica, anche conosciuta come resina, è fornita dal produttore granulare o in polvere. Mentre alcuni materiali plastici vengono utilizzati per realizzare rivestimenti, adesivi o additivi in altri processi di confezionamento, il primo passo importante nella conversione di resine plastiche in film, fogli, contenitori, ecc. Consiste nel trasferire i granuli in fase solida alla fase liquida o di fusione in un estrusore.

La plastica viene fusa dall'applicazione di una combinazione di alta pressione, attrito e calore esterno. Questo viene fatto premendo i granuli lungo il cilindro di un estrusore usando viti appositamente progettate di polimeri in condizioni controllate che assicurano la produzione di un fuso omogeneo prima dell'estrusione. La plastica fusa viene infine pressata attraverso uno stampaggio del prodotto finito alle linee tecnologiche di utilizzo.



### Fig 3: Estrusore

**Utilizzo:** - si ottengono fogli, film, piastre e tubi.

Per estrusione è possibile realizzare film e pellicole sulla stessa installazione solo cambiando i diametri. Questi possono essere anulari - per fogli e film o piatti - per fogli, pellicole e lastre

➤ **Estrusione di film plastici a ugello piatto per imballaggio (processo tecnologico descritto nell'allegato 1.1)**  
Estrusione dei Film :

- sono ottenuti per estrusione con una testa di filatura ad ampio ugello;
- il polimero viene estruso alle più alte temperature possibili per minimizzare la viscosità del polimero fuso;
- il raffreddamento viene effettuato con aria, mediante immersione diretta in acqua, su cilindri interni raffreddati o combinazioni di queste varianti;
- spessore del film - fino a 0,2 - 0,3 mm (limite inferiore).

Le pellicole che risultano alla fine di tale processo possono essere sottoposte ad una operazione di stiro eseguito alla temperatura di transizione vetrosa del polimero stirando il polimero con un valore del 200-600% della dimensione originale, orientando le macromolecole nella direzione dello stiro e aumentando la resistenza a trazione; diminuendo l'allungamento alla rottura del film riducendone lo spessore. L'allungamento longitudinale e trasversale a due assi può essere aumentato, accrescendo la resistenza in entrambe le direzioni. Aumentare la resistenza è particolarmente importante quando si usano film per imballaggio di alimenti.

**Film termoretraibile**, quando riscaldato, rilascia sollecitazioni interne e si restringe sull'oggetto imballato in una pellicola trasparente, impermeabile ed elastica.

➤ **Estrusione di lamine (processo tecnologico descritto in Allegato 1.2)**  
Viene utilizzato per realizzare lamine di diverso spessore utilizzando diversi polimeri come PS, PP, PE, ecc. Lamine sottili, fino a 0,2 mm di spessore, vengono utilizzate per ottenere imballaggi alimentari mediante termoformatura (bicchieri, contenitori, piatti, vassoi di margarina, yogurt, dessert, ecc.). La linea di lavorazione (vedi Appendice 1), simile a quella dei fogli, ha anche un sistema di calandre (rulli di lucidatura per levigare le piastrelle di plastica), rulli di trasporto e guida, attrezzature di taglio.

➤ **Co-estrusione di lamine (Allegato 1.3)**

Una variante del processo di estrusione è la co-estrusione in cui si lavorano contemporaneamente materiali diversi, che escono dalla matrice accoppiati, così si possono ottenere materiali (da due o più estrusori) A) uno spessore minimo di 30 - 120 µm. B) Un unico estrusore può depositare uno o due strati di polimero. C) Ogni estrusore deve garantire un flusso polimerico per evitare di mescolare gli strati. È possibile ottenere film o fogli multistrato con 2-9 strati. Polimeri: PET, HDPE, LDPE, PS, ecc.



## ➤ **Spalmatura e laminazione (processo tecnologico 1.4)**

Estrusione e laminazione sono utilizzate per:

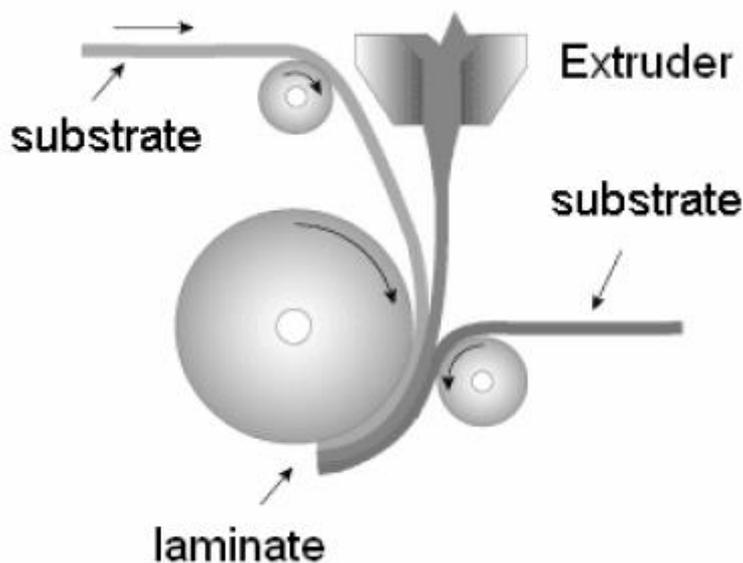
- proteggere dall'umidità;
- barriera al vapore acqueo, ossigeno, odori, ecc.;
- resistenza ai grassi;
- saldatura a caldo;
- divenire attrattivi ai fini della vendita, ad es. rendere lucide le superfici.

Per lo stesso scopo vengono utilizzate anche altre tecnologie: laminazione a caldo (la laminazione si ottiene passando il cartone e il film attraverso una serie di rulli riscaldati rivestiti di teflon alla giusta velocità e temperatura, rendendo il film attaccato alla parte superiore e / o fondo del cartone). Laminazione adesiva (passaggio continuo di due film / film, uno dei quali è rivestito con adesivo ad alta velocità tra più rotoli.) I processi si distinguono dal tipo di adesivo utilizzato e dal modo in cui viene applicato).

L'uso dell'estrusione e del cartone laminato offre notevoli vantaggi promozionali in termini di appeal visivo per i consumatori. La laminazione per rivestimento ed estrusione aggiunge un sottile strato di plastica sul cartone che può fornire resistenza a grasso e umidità e, se del caso, resistenza al calore. I rivestimenti in plastica possono essere sigillati a caldo. A seconda dell'applicazione, il cartone potrebbe essere coperto da un'estrusione di uno o due lati. Lo strato di alluminio fornisce alla confezione una barriera alla luce, all'umidità, al grasso e ai gas. Il foglio di alluminio è spesso ricoperto di plastica per garantire la sicurezza del prodotto e la termosaldatura. La quantità di fuso di plastica erogato per estrusione è principalmente influenzata dal flusso e dalla temperatura della fusione di plastica. I polimeri più comunemente usati sono PE, PP, PET, film di poliestere metallizzato.

Il cartone avvolto su un rotolo passa davanti a un dispositivo di pretrattamento della superficie a scarica corona a bassa temperatura per fissare gli inchiostri da stampa, i rivestimenti e gli adesivi, quindi viene ricoperto con polimero fuso, PE, PP o PET, con una quantità controllata e temperatura. Immediatamente la superficie rivestita viene pressata sulla superficie di un rullo in acciaio raffreddato. Un rotolo di pellicola o pellicola si trova immediatamente dopo l'estrusore di rivestimento in plastica. Il film o il film viene alimentato dal rotolo alla scanalatura tra il film di plastica fuso e il rullo di raffreddamento in modo che la plastica svolga la funzione di un adesivo a pellicola / pellicola sul cartone, controllando in tal modo la finitura superficiale di plastica. Le copertine inverse hanno una finitura NSO (non-Set-Off) e i livelli di stampa solitamente hanno una finitura lucida.





**Fig.4 Spalmatura e laminazione per estrusione, secondo <sup>6</sup>**

fine, il cartone rivestito viene avvolto su grossi nuclei di acciaio (bidoni) in lotti tra 1 e 3 tonnellate a seconda del prodotto. Ogni tamburo ha un codice di identificazione univoco<sup>7</sup>. Vedasi l'allegato 1.4.

➤ ***Estrusione di film soffiati e fogli (processo tecnologico in allegato 1.5)***

In generale, i film sono, per definizione, più piccoli di 200 µm di spessore (1 micron =  $1 \times 10^{-6}$  m). Il film viene utilizzato per avvolgere strettamente l'imballaggio (pacchetti unici, gruppi di pacchi, carichi su pallet), per realizzare buste e sacchetti e in combinazione con altre materie plastiche o altri materiali attraverso la laminazione, formando anche l'imballaggio.

L'estrusione di fogli e film soffiati è un processo semplice, economico e produttivo. È il metodo più utilizzato. Attraverso questo processo si ottengono fogli e film di alta qualità. In linea di principio, il metodo consiste in un tubo a parete sottile che si ottiene (da pochi micron fino a decimi di millimetro) che viene dilatato con l'aiuto di una sovrappressione dell'aria. Il diametro dei fogli varia da pochi centimetri a oltre 20 metri. È applicabile ai polimeri HDPE, LDPE, PP, MDPE (polietilene a media densità: 0,926 - 0,940 g / cm<sup>3</sup>). Alla dilatazione della lamina si ottiene anche il suo allungamento incrociato e per tirare sul rotolo di avvolgimento si ottiene uno stiramento longitudinale. La co-estrusione dei film soffiati di due polimeri (allegato 1.6), ad esempio polietilene - poliammide, polietilene - polistirene.

<sup>6</sup> Rory Wolf, A technology decision – Adhesive lamination or Extrusion Coating/Lamination

<sup>7</sup> după IGGESUND PAPERBOARD, Reference Manual, Extrusion coating and lamination



### ➤ **Materiali cavi per estrusione-soffiatura**

Viene utilizzata per i produrre cilindri (flaconi, fiale) e altri tipi di materiali cavi (vuoti all'interno).

I polimeri utilizzati: poliolefine (PE, PP), PVC plastificato, PET, PS, ABS, Nylon (PA), ecc.

Per estrusione si forma un tubo in uno stampo corrispondente al materiale. All'interno del tubo, viene soffiata dell'aria compressa e il tubo polimerico in uno stato visco-plastico viene dilatato fino alle pareti dello stampo a contatto con il quale si raffredda.

Fasi:

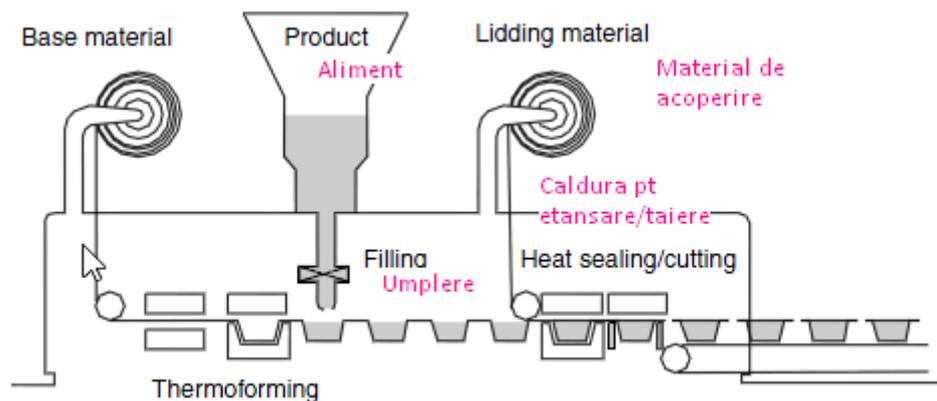
- l'estrusore forma un semilavorato di tipo tubolare;
- il tubo viene inserito tra gli stampi che definiscono il contorno esterno del prodotto desiderato;
- lo stampo viene chiuso, la parte terminale del tubo tagliato viene chiusa contemporaneamente. Vedere l'allegato 1.6;
- L'aria di insufflazione viene solitamente filtrata con filtri sterilizzati. Per rimuovere la post-sterilizzazione dell'imballaggio risultante, si utilizza talvolta il processo 'bottle-pack' che sfrutta la temperatura del materiale di 150-230 ° C per cui il cilindro da stampo è praticamente sterile, realizzando l'imbottigliamento di cibo quasi contemporaneamente alla formazione. I liquidi imbottigliati a freddo a causa di un breve tempo di raffreddamento.

### 8.3.2 Termoformatura

Le procedure di termoformatura coinvolgono i fogli termoplastici che si impregnano di calore, seguiti dal vuoto, dalla pressione o da una formazione di stantuffo in movimento. Il foglio può essere allungato su uno stampo e prende la forma piercer (formatura positiva) o può prendere la forma cava dello stampo (formatura negativa). Al contatto con lo stampo, il calore si disperde e il materiale si raffredda diventando rigido. Le forme dei prodotti termoformati sono solitamente semplici (scatole, vassoi per alimenti, contenitori diversi). La termoformatura compete con soffiaggio e stampaggio a iniezione. I principali vantaggi di questo processo sono il costo relativamente basso della termoformatura, il minor costo degli stampi e la facilità di formare ampie aree con parti sottili. Svantaggi: le forme limitate, lo spessore non uniforme. Il foglio interno viene alimentato da una bobina e riscaldato prima di formarlo o nello stampo, quindi il foglio viene formato nello stampo con vari metodi.



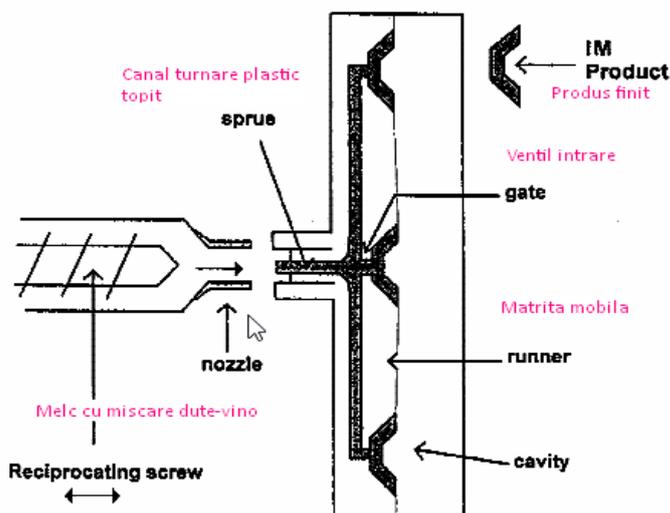
La cavità così formata viene riempita di cibo, rispettivamente nell'atmosfera aperta o sotto vuoto, dopodiché viene utilizzato il foglio superiore per chiuderlo, che viene saldato dalla lamina interna a causa del calore e della pressione. Vengono utilizzati dispositivi per il taglio trasversale per la separazione dei prodotti finiti. Seguono l'etichettatura dei prodotti e il loro scarico.



**Fig. 4. Termoformatura, riempimento, linea di chiusura<sup>8</sup>**

### 8.3.3 Stampaggio a iniezione

**Il principio del metodo:** è l'iniezione del polimero fuso in uno stampo freddo ad alta pressione.



<sup>8</sup> RICHARD COLES, DEREK MCDOWELL, MARK J. KIRWAN FOOD PACKAGING TECHNOLOGY, Blackwell Publishing Ltd, 2003



**Fig. 5 Schema del processo di stampaggio a iniezione<sup>9</sup>** . Vedasi anche l'allegato 1.7.

**Le fasi del processo di stampaggio a iniezione sono:**

- L'alimentazione del cilindro con granuli di plastica a cui la chiocciola si muove con moto alternativo;
- Il materiale si scalda fino a fondersi a causa del riscaldamento esterno e dell'attrito interno del cilindro;
- La lumaca si sposta indietro e la plastica fusa passa davanti ad essa;
- La chiocciola si muove in avanti e inietta il materiale fuso nello stampo freddo;
- Il materiale si raffredda e si solidifica rapidamente fino all'elevata pressione creata dalla chiocciola e dalla valvola di ingresso disomogenea;
- Lo stampo si apre e i prodotti vengono espulsi.

**Vantaggi:** Elevata produttività grazie al numero elevato di nidi di stampaggio e alta velocità di formatura, buona precisione dei prodotti formati, perdite minime attraverso i rottami, gli oggetti di forma complessa e di varie dimensioni possono ottenere. La linea di iniezione può essere completamente automatizzata. Esiste la possibilità di ottenere elementi cavi (bottiglie in PET) mediante soffiaggio ad iniezione. Lo svantaggio principale è l'alto prezzo dello stampo.

#### 8.3.4 Lo stampaggio a compressione

**Il principio del metodo:** il polimero fuso viene premuto nello stampo.

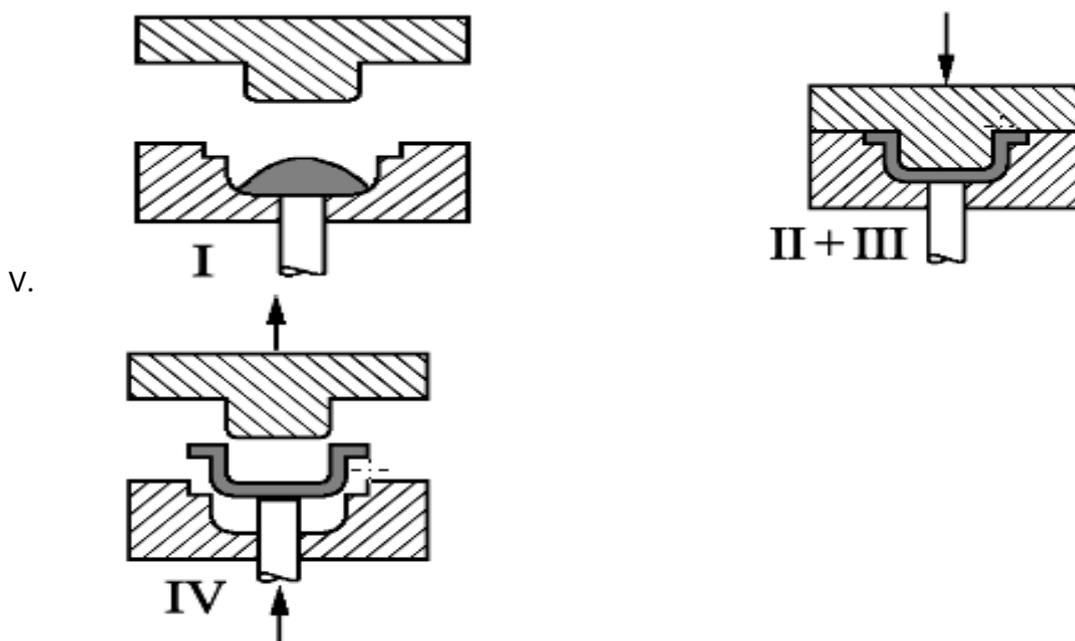
**Le fasi del processo di compressione:**

- I. Fornitura dello stampo aperto con il polimero (granuli, pillole, polvere, semilavorato preformato). Il polimero può essere preriscaldato per accorciare il ciclo di formatura.
- II. La chiusura e il riscaldamento del polimero (uniforme in tutta la massa) fino alla temperatura di fusione e alla pressatura con l'ausilio della parte superiore di esso (normalmente azionata idraulicamente).
- III. Raffreddamento uniforme dell'oggetto formato premendo fino alla temperatura indicata per la rimozione.
- IV. Il pezzo viene espulso dallo stampo.

---

<sup>9</sup> Vlachopoulos and Strutt Polymer processing, Materials Science and Technology September 2003





**Vantaggi:** la possibilità di ottenere oggetti di grandi dimensioni con bassa perdita di polimero, minimizzare le deformazioni interne e le deformazioni, accuratezza ed eccellente stabilità dimensionale, ritiro ridotto e riproducibile, buona finitura superficiale degli oggetti realizzati, elevata produttività dei processi moderni che combina lo stampaggio a compressione con iniezione o estrusione.

**Svantaggi:** non è indicato per oggetti fragili o forme complesse, la profondità della cavità è limitata a 2-3 volte il suo diametro, la quantità di materiale introdotto nello stampo deve essere rigorosamente controllata<sup>10</sup>.

## 8.4 Il Design dell'imballaggio di plastica finalizzato al riciclo

A supporto del processo di progettazione degli imballaggi in plastica per alimenti, nell'Allegato 2 sono indicati altri polimeri destinati all'imballaggio alimentare non inclusi nella sezione 8.1, viene anche fornita una tabella A2.1, con le proprietà fisiche dei principali polimeri utilizzati nell'imballaggio in plastica, una tabella A2.3 con indicazioni d'uso di polimeri per l'imballaggio alimentare, una tabella A2.2 con indicazioni d'uso di polimeri per le plastiche rigide e un diagramma fig A2.1, con le proprietà d'uso dei polimeri per l'imballaggio alimentare. Nell'allegato 3 vengono forniti alcuni estratti sul design delle parti che devono essere stampate in plastica.

Il design appropriato in termini di struttura finale del materiale di imballaggio e tecniche di produzione significa che l'assemblaggio di: - scelta dei substrati - scelta delle

<sup>10</sup> <http://www.tsocm.pub.ro/educatie/cepa/Ambalaje%20-%20CEPA%20-%20Curs%206.pdf>



altre materie prime, - composizione dei laminati, - stampa e altri processi - scelta della tecnica di produzione, - l'applicazione di buone pratiche di fabbricazione avrà come conseguenza un materiale di imballaggio adeguato. La stampa può essere effettuata sulla confezione primaria contenente una barriera funzionale che riduce la migrazione dei componenti da qualsiasi strato sul lato non alimentare della barriera, negli alimenti, a livelli "accettabili" (limite di migrazione specifico SML o livello di migrazione non pericoloso)<sup>11</sup>.

#### 8.4.1 Alcuni concetti di ecodesign

Alcuni concetti di ecodesign:

- a) Utilizzare materie plastiche compatibili. L'appendice 2, figura A2.2 presenta indicazioni sulla compatibilità dei materiali di imballaggio di base con i suoi componenti.
- b) Utilizzare materiali di diversa densità. Vedi fig.1.
- c) Coprire con etichette max. 2/3 della superficie di imballaggio. Nelle installazioni automatiche un sistema ottico di separazione classifica l'imballaggio in plastica. Se il 67% o più degli imballaggi è coperto, sarà classificato sulla base del materiale dell'etichetta. Se il design della confezione non ti consente di seguire questo suggerimento, allora:
  - Utilizzare un'etichetta realizzata con lo stesso materiale della confezione.
  - Utilizzare un'etichetta con una densità diversa dalla confezione.
- d) Il nero e i colori molto scuri interferiscono con la classificazione automatica dell'imballaggio e assorbono la luce emessa dal sistema ottico di separazione. Le confezioni incolori o opache dopo il riciclaggio hanno più app rispetto a quelle colorate. Alcuni additivi utilizzati per chiudere a colori la confezione possono impedire la produzione di PET riciclato per cilindri o strisce.
- e) Gli inchiostri utilizzati per il colore della confezione o la loro stampa possono contaminare il materiale riciclato, ecco perché gli inchiostri da stampa devono essere utilizzati che non sono contenuti nell'elenco di esclusione di EUPIA (European Ink Ink Association).
- f) Gli adesivi non solubili possono infettare i materiali riciclati con agenti contaminanti e non saranno eliminati nel componente del processo di lavaggio del riciclaggio, quindi è consigliabile utilizzare solubile in adesivi per acqua calda o l'alta temperatura solubile in alcali.
- g) Il silicone può aderire al materiale riciclato che è il motivo per cui, se possibile, dovrebbe rinunciare al suo uso.

#### 8.4.2 La permeabilità della plastica

---

<sup>11</sup> EUPIA, Information leaflet Printing Inks for Food Packaging



Per il design, vengono fornite alcune nozioni sulla permeabilità della plastica. In condizioni di equilibrio il coefficiente di permeabilità della plastica non porosa è dato dalla relazione:

**$P = D \times S$  (Crank, 1975)**

**$P$**  – il coefficiente di permeabilità del materiale;

**$D$**  – il coefficiente di diffusione, che misura quanto velocemente un componente indesiderato passa attraverso il polimero;

**$S$**  – il coefficiente di solubilità del cibo che mostra quanto del componente indesiderato si trova nel cibo confezionato.

Dopo le trasformazioni, senza fornire dettagli sulla dimostrazione delle formule, viene raggiunta la seguente espressione:

$$P = \frac{QL}{At(p_1 - p_2)} \quad (1)$$

Nel SI sistema  **$P =$**

***la quantità di composto indesiderato x densità dell'area***  
***x tempo di esposizione x differenza delle pressioni parziali del componente***  
***cm<sup>3</sup> x cm/cm<sup>2</sup> x s x Pa***

In cui:

**$Q$**  – Quantità del composto indesiderato – cm<sup>3</sup>;

**$L$**  – Spessore del polimero - cm

**$A$**  – La superficie del polimero attraverso cui può passare il componente indesiderato – cm<sup>2</sup>;

**$t$**  – Tempo di esposizione – secondi;

**$p_1 - p_2$**  – La differenza di pressioni parziali del componente indesiderato che si trova nella confezione esterna e quella dello stesso composto che si trova all'interno della confezione. Secondo la legge di Dalton: una pressione del gas è uguale alla somma delle pressioni dei gas dei componenti<sup>12</sup>.

Fper l'aria- la composizione dell'aria espressa in percentuale di volume (r) dei componenti è la seguente:

Ossigeno (O<sub>2</sub>): 20,93 %

Nitrogeno (N<sub>2</sub>): 78,10 %

---

<sup>12</sup> Food Processing: Principles and Applications, Second Edition. Edited by Stephanie Clark, Stephanie Jung, and Buddhi Lamsal, © 2014, cap 11. Joongmin Shin and Susan E.M. Selke, Food Packaging



Argon (Ar): 0,9325 %

Diossido di carbonio (CO<sub>2</sub>): 0,01 %

Idrogeno (H<sub>2</sub>): 0,0018 %

Neon (Ne): 0,0005 %

Krypton (Kr): 0,0001 %

Xenon (Xe): 0,00000 %

Trascurando il resto dei componenti senza O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>, la legge di Dalton per l'aria può essere scritta, come:

$$p_{air} = p_{O_2} + p_{N_2} \quad (2)$$

Le pressioni parziali di ciascun gas componente dell'aria sono calcolate con le relazioni:

$$r_{O_2} \times p_{air} = p_{O_2} \quad (3)$$

$$r_{N_2} \times p_{air} = p_{N_2}$$

Per l'aria a pressione atmosferica ( $p_{air}=1$  bar in scala assoluta), le pressioni parziali dei due componenti gassosi sono:

$$p_{O_2} = 0,21 \times 1 = 0,21 \text{ bar} = 21000 \text{ Pa} \quad (4)$$

$$p_{N_2} = 0,79 \times 1 = 0,79 \text{ bar} = 79000 \text{ Pa} \quad (5)$$

$$p_{aer} = p_{O_2} + p_{N_2} = 0,21 + 0,79 = 1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}^{13}$$

**Esempio:** Un alimento confezionato in un barattolo di PET con uno spessore di 0,1 cc e una superficie di 400 cm<sup>2</sup> diventa rancido se assorbe 3 cm<sup>3</sup> di O<sub>2</sub>. Il coefficiente di permeabilità (P) di O<sub>2</sub> è  $1,2 \times 10^{-15} \text{ cm}^3 \times \text{cm} / \text{cm}^2 \times \text{s} \times \text{Pa}$ . La pressione parziale di O<sub>2</sub> dietro il barattolo è =0. Che equivale alla durata di vita di questo prodotto.

Da (1) si ottiene:  $t = Q \times L / AP(p_{ext} - p_{int})$  dove:

$$t = 3 \times 0,1 / 400 \times 1,2 \times 10^{-15} \times (21000 - 0) = 29761904 \text{ secondi} / 24 \times 3600 = 344 \text{ giorni}$$

---

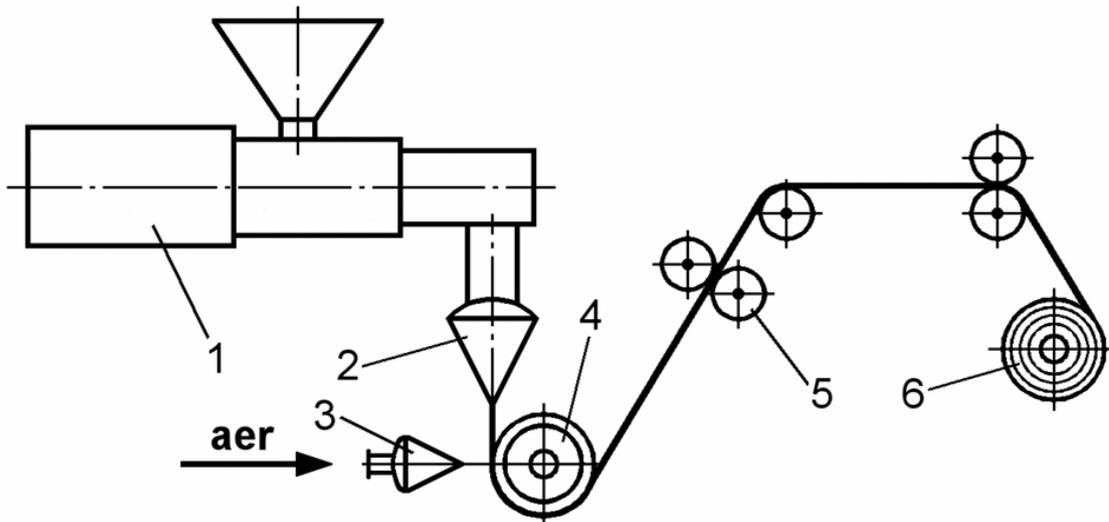
<sup>13</sup> [https://ro.wikipedia.org/wiki/Legea\\_lui\\_Dalton](https://ro.wikipedia.org/wiki/Legea_lui_Dalton)



ll'allegato A2.4 sono riportati i dati relativi ai coefficienti di permeabilità dei principali polimeri. Attenzione, nell'Allegato 2, P è espresso in  $\text{cm}^3\text{cm}/\text{cm}^2\text{xsxcmHg}$ , dove **1 cmHG=1332,22 Pa**, così, per es. la pressione parziale dell'ossigeno  **$p_{\text{O}_2} = 21000$  Pa=  $21000/1332,22 = 15,76$  cmHG.**



### 1.1 Estrusione delle lastre tramite ampio ugello



**Allegato 1. 1 Schema dell'ampio ugello per fogli di palstica,**

<http://www.tsocm.pub.ro/educatie/cepa/Ambalaje%20-%20CEPA%20-%20Curs%206.pdf>

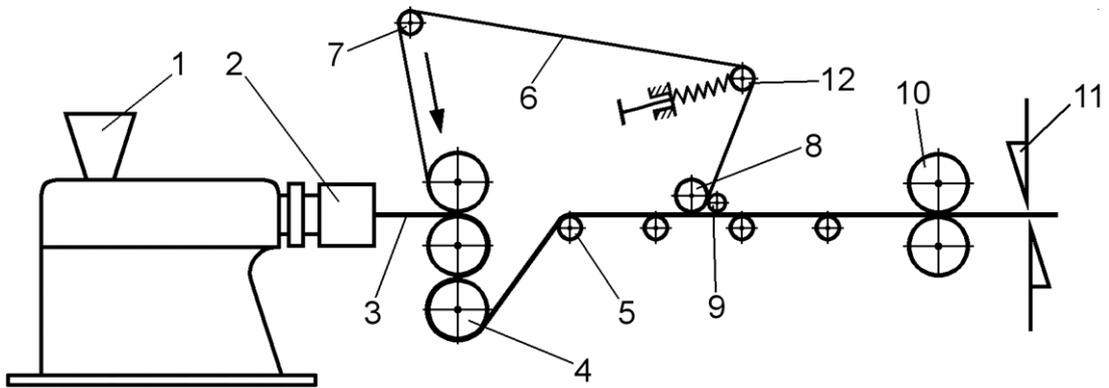
1. Estrusore, 2. Testa di filatura con ampio ugello, 3. Sistema di raffreddamento ad aria, 4. Tamburo di raffreddamento, 5. Rulli di livellamento, 6. Tamburo di avvolgimento

Il polimero fuso che viene estruso come una membrana, dalla testa di estrusione attraverso la testa di filatura con un ugello largo è dimensionalmente stabile, è in contatto con diversi rulli di livellamento prima di essere stirato e avvolto sul tamburo. La superficie cromata del primo tamburo è molto lucida in modo che il foglio ottenuto sia molto lucido e di elevata chiarezza. Nell'estrusione con una fessura larga (in particolare ad alte velocità di lavoro), c'è un orientamento relativamente alto del film nella direzione della macchina (cioè nella direzione dello stiro) e uno molto basso nella direzione trasversale.

Il film orientato biassialmente può essere prodotto attraverso un'estrusione con una fessura ampia, utilizzando un dispositivo di allungamento. Ad esempio, il polistirene viene dapprima estruso attraverso un'ampia testina dell'ugello che gira a circa 190 ° C e raffreddato a circa 120 ° C passando tra i rulli. Il riscaldamento del foglio mobile a 130 ° C viene stirato in entrambe le direzioni longitudinale e trasversale. Il tasso di allungamento va da 3: 1 a 4: 1 in entrambe le direzioni.



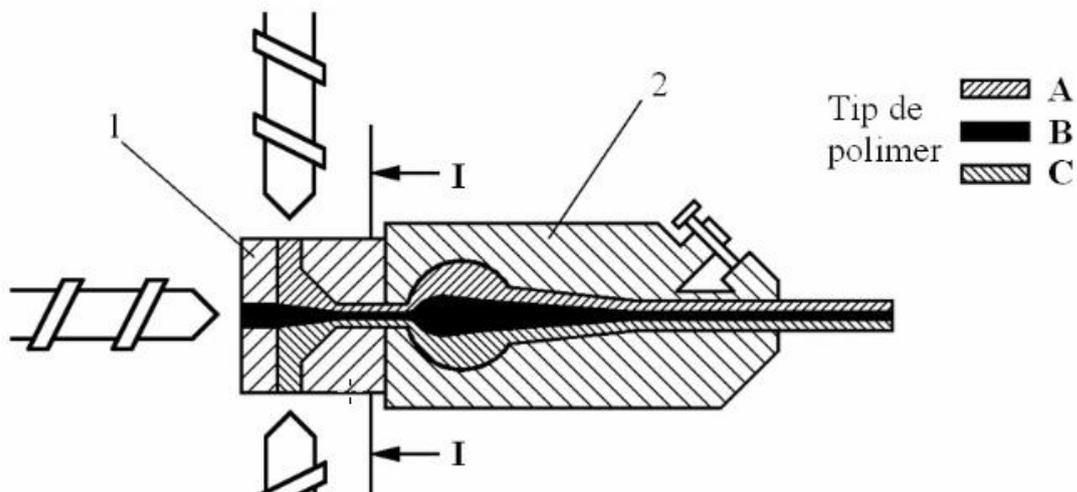
## 1.2 Estrusione di lastre sottili



**Allegato 1.2 Schema relativo al sistema di estrusione di lastre sottili.**

1. Estrusore, 2. Testa di filatura dell'ugello largo, 3. Piastra estrusa, 4. Sistema di rulli (calandra), 5. Trasportatore a rulli, 6. Striscia continua di fibra di vetro intrecciata, 7,8,9,12 rotoli iniziali, 10. Tamburi di tiro gommati, 11. Sistema di taglio

## Co-estrazione di lastre sottili

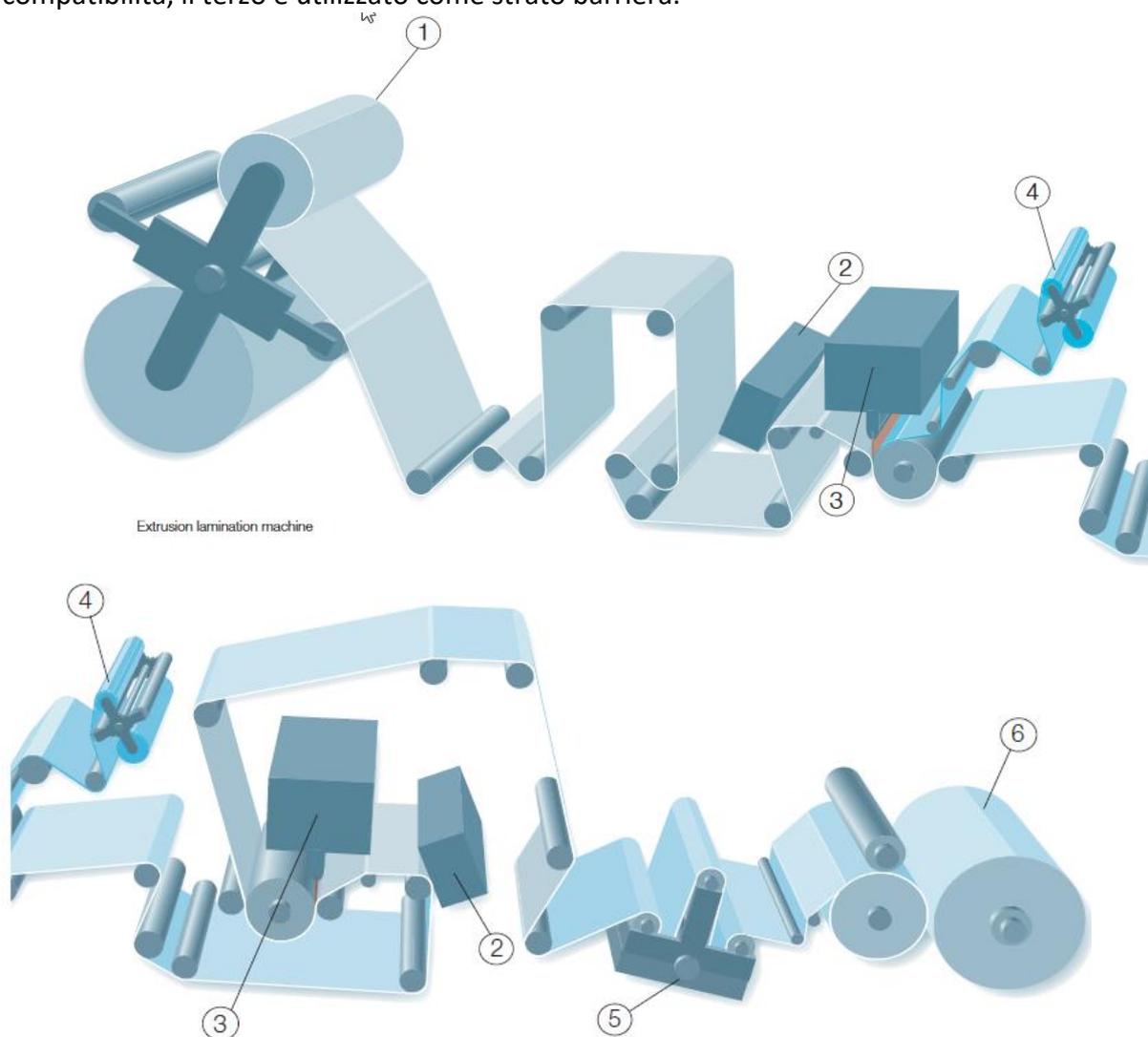


**Allegato 1.3 La co-estrazione di 3 polimeri.**

1. Blocco di alimentazione, 2. Testa di estrusione.



Si ottiene una lastra sottile variabile da 30 a 120  $\mu\text{m}$ , composta da 3 polimeri, il primo utilizzato come strato di contatto con il cibo, il secondo è utilizzato come strato di compatibilità, il terzo è utilizzato come strato barriera.

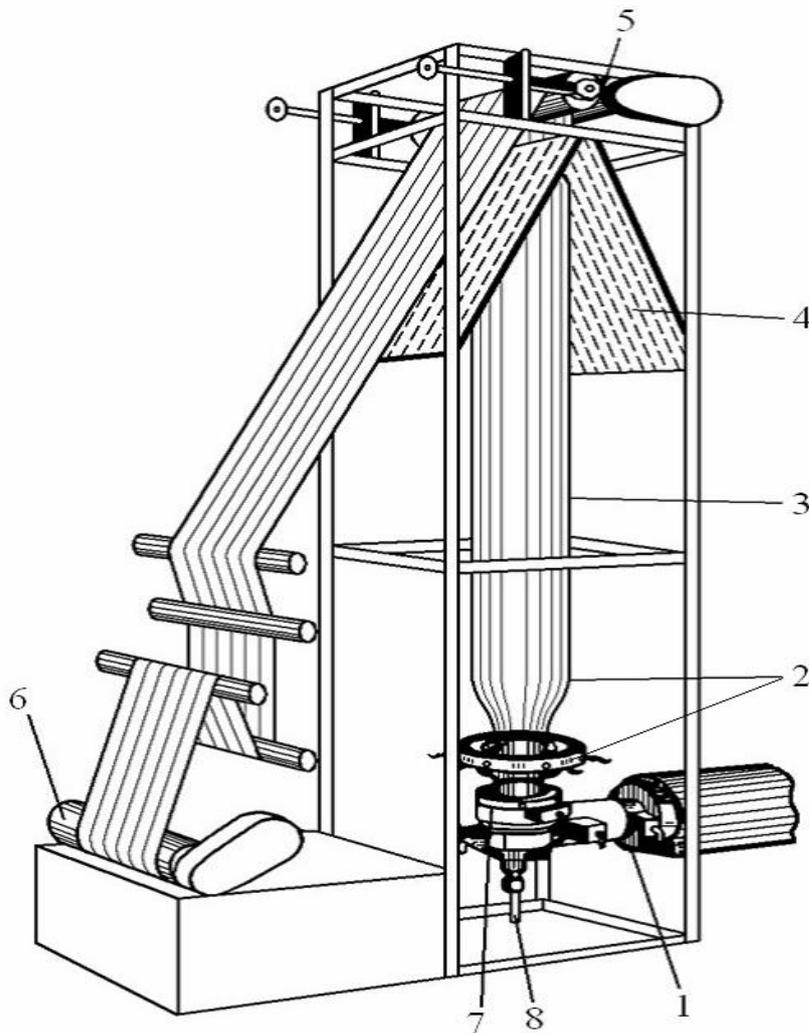


**Allegato 1.4 Spalmatura e laminazione per estrusione**

1. Cartone, 2. Pretrattamento elettrico della corona sul lato di stampa, 3. Rivestimento con plastica fusa da Estrusore, 4. Rotolo con pellicola o foglio laminato, 5. Trattamento corona elettrico per migliorare le caratteristiche della tenuta, 6. Tamburo finale di avvolgimento.

After IGGESUND PAPERBOARD, Reference Manual, Extrusion coating and lamination





**Allegato 1.5** Linea per l'estrusione del film e della pellicola con il tubo di soffiaggio sulla verticale, tratto da <http://www.tsocm.pub.ro/educatie/cepa/Ambalaje%20-%20CEPA%20-%20Curs%206.pdf>.

1. Estrusore, 2. Zona di raffreddamento, 3. Film di soffiatura, 4. Pannelli di guida, 5. Cilindri di chiusura del film, 6. Dispositivo di avvolgimento 7. Anello di raffreddamento, 8. Ingresso dell'aria per la dilatazione del film.

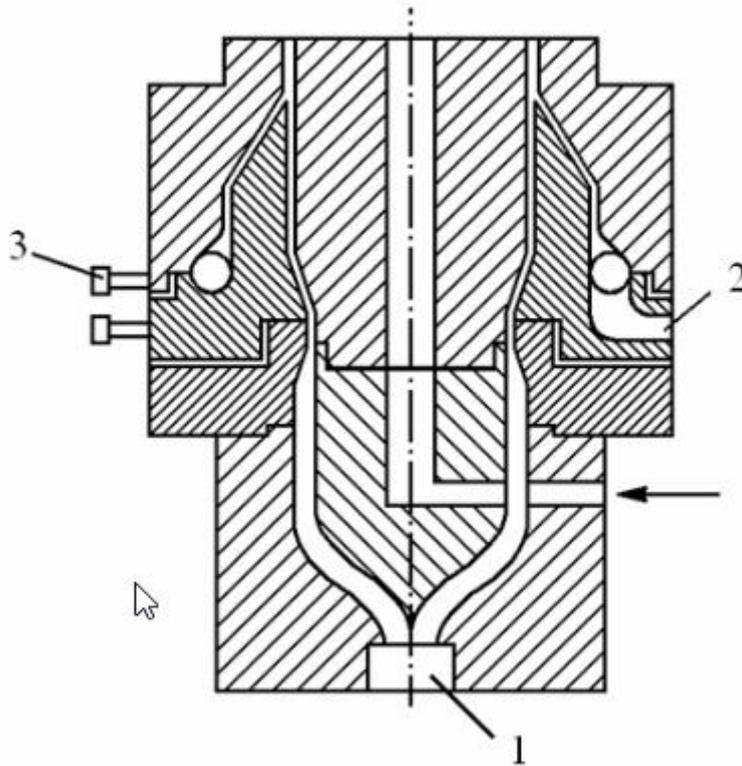
**Caratteristiche:**

- la pressione del gas porta all'aumento del diametro e al disegno trasversale;
- la produttività dell'impianto è limitata dalle possibilità di raffreddamento del tubo di ventilazione;
- il rapporto di soffiaggio, il rapporto tra il diametro del tubo di spurgo e la fessura di estrusione = 2 : 1 - 3 : 1 (di solito);
- lo stiramento longitudinale è fornito dai ruoli di sparo e schiacciamento realizzati in acciaio e ricoperti di gomma soffice;



- per ottenere proprietà uniformi su entrambi gli assi, è necessario che lo stretching longitudinale equivalga a quello trasversale.

### Co-estrusione film soffiati

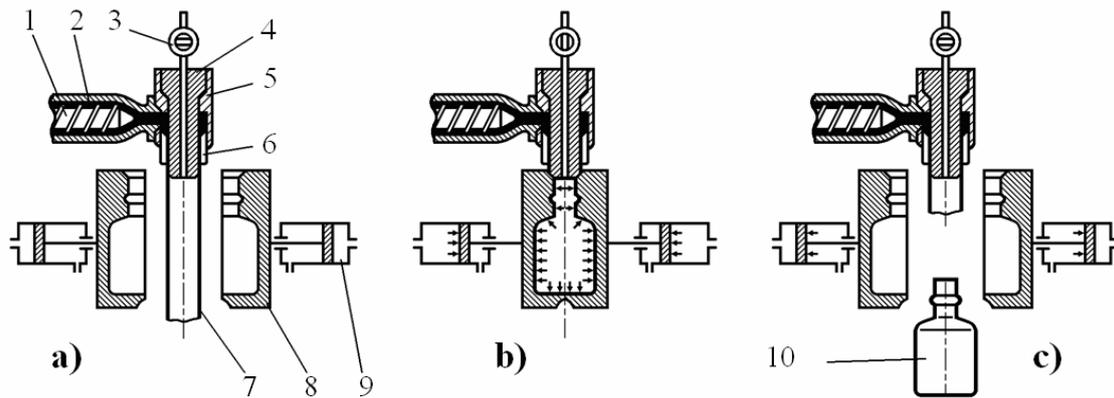


**Allegato 1.6 Estrusore per ottenere un film soffiato a doppio strato.**

<http://www.tsocm.pub.ro/educatie/cepa/Ambalaje%20-%20CEPA%20-%20Curs%206.pdf>.

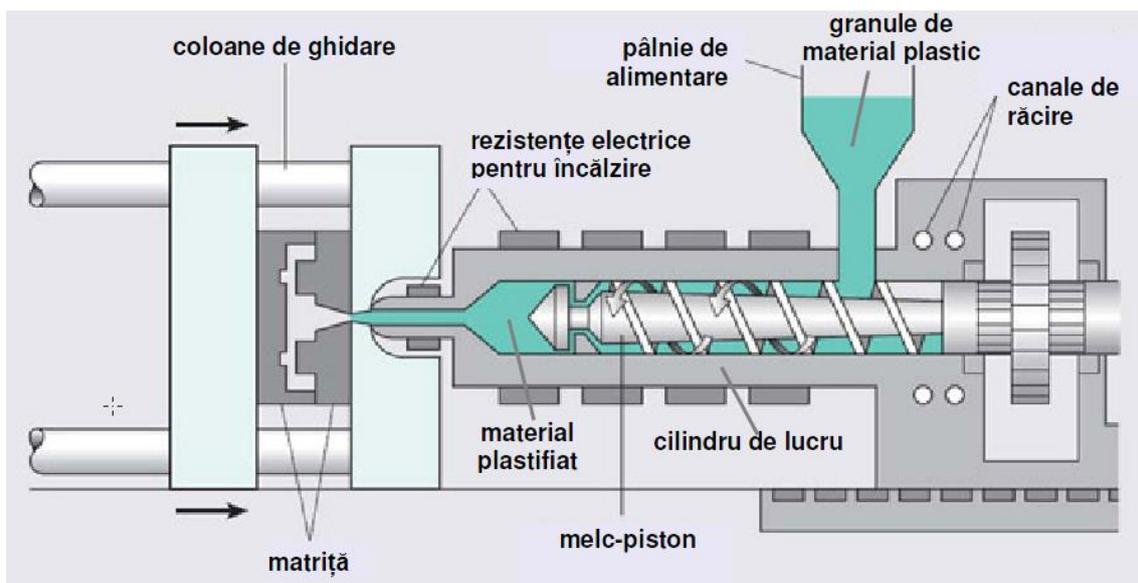
1.L'introduzione del polimero dello strato interno, 2. L'introduzione del polimero dello strato esterno, 3. Regolazione





**Allegato 1.7** *Processo tecnologico per ottenere elementi cavi per estrusione-soffiaggio* <http://www.tsocm.pub.ro/educatie/cepa/Ambalaje%20-%20CEPA%20-%20Curs%206.pdf>.

1. Estrusore, 2. Polimero fuso, 3. Valvola elettromagnetica per l'immissione di aria compressa, 4. Mandrino, 5. Testa di estrusione, 6. Ramo, 7. Tubo di plastica semifinito, 8. Mezzo stampo, 9. Mezzo stampo cilindri guida, 10. prodotto finito.



**Allegato. 1.8** *Formazione per iniezione:*

<http://magnum.engineering.upm.ro/~gabriela.strnad/Tehnologia%20materialelor%20I%20-%20curs%20licenta%20an%20II/2%20CURS/capitolul%207.pdf>



**A2. Altri tipi di plastica utilizzati nell'imballaggio alimentare (vedasi anche il punto 8.1)**

– **Ionomeri** – Lo ionomero più conosciuto è Surlyn (Du Pont), è legato al PE, è trasparente, più duro e più resistente del PE e molto resistente agli oli e ai grassi e ha eccellenti proprietà di tenuta. È usato per confezionare carne e formaggio.

– **Etilene vinil acetato (EVA)** – È simile al PE ed è usato in miscela con PE. In generale, quando aumenta la percentuale di VA, la temperatura di tenuta diminuisce e la resistenza aumenta, aumenta la flessibilità alle basse temperature, aumenta la resistenza alla fatica e aumenta la flessibilità. È anche un componente importante nell'adesivo resistente alle alte temperature utilizzato nella tecnica di imballaggio.

– **Poliammidi (PA, nylon)** - PA può essere miscelato con PE, PET, EVA ed EVOH. Può essere modellato soffiando per rendere bottiglie e barattoli trasparenti come il vetro, hanno un peso ridotto e una buona resistenza all'impatto. Il film PA con orientamento biassiale ha un'elevata resistenza al calore e un'eccellente resistenza alla rottura e alla perforazione. Ha una buona trasparenza ed è facilmente deformabile. Fornisce una buona barriera ai sapori e agli odori ed è resistente agli oli e ai grassi. Ha un'elevata permeabilità al vapore ed è difficile sigillare il calore. Queste caratteristiche possono essere migliorate dal rivestimento PVdC. Inoltre, mediante laminazione in polietilene o coestrusione, questa struttura viene utilizzata come piastra di fondo termoformabile, per confezioni di pancetta e formaggio in confezioni sottovuoto o gas (imballaggio MAP / atmosfera modificata). Il film può essere metallizzato.

– **Cloruro di Polivinilidene (PVdC)**. è un'eccellente barriera ai vapori di acqua e gas e ai prodotti grassi e oleosi. A causa dell'elevata barriera al gas e all'odore, viene utilizzato per proteggere gli alimenti sensibili dal sapore e dall'odore, a causa della perdita di aroma e della penetrazione di contaminanti volatili. Viene utilizzato in imballaggi flessibili come monomero, per co-estrusione o come materiale di rivestimento, che può essere applicato utilizzando soluzioni in solventi organici o dispersioni acquose su film plastici quali BOPP e PET e carta e cartone. Il PVdC è un componente ampiamente utilizzato nelle confezioni di carne e formaggio, negli snack, nel tè, nel caffè e nella pasticceria. Viene utilizzato per il riempimento a caldo, storte, stoccaggio a basse temperature e MAP, nonché per il riempimento a temperatura ambiente e per la distribuzione in una vasta gamma di forme di imballaggio.

– **Stirene butadiene (SB)** - Il copolimero SB è anche un polimero di imballaggio: è resistente e trasparente, con una finitura molto lucida. Il film soffiato ha un'elevata permeabilità ai vapori di acqua e gas. Viene utilizzato per l'imballaggio di prodotti freschi.

– **Acrilonitrile butadiene stirene (ABS)** - È un copolimero con proprietà diverse a seconda della proporzione dei tre polimeri componenti. È un materiale durevole con una buona resistenza all'impatto e allo stretching ed è flessibile. È traslucido o opaco e viene utilizzato nella fabbricazione di grandi contenitori.

– **Etilene vinil alcol (EVOH)** – E' una eccellente barriera all'O<sub>2</sub> ed è resistente all'assorbimento e alla penetrazione di molti prodotti come oli, grassi, aromi e odori. È sensibile all'umidità e quindi viene utilizzato dalla coestrusione in strutture con diversi



strati come film per imballaggi flessibili, fogli per termoformatura e iniezione di bottiglie in modo che non venga in contatto con il liquido.

Le strutture PS / EVOH / PS e PS / EVOH / PE sono utilizzate per MAP (imballaggi ad atmosfera modificata) di carne e pasta fresca, insalate, caffè, composta ecc. PP / EVOH / PP è un'alta barriera utilizzata per la pastorizzazione dei prodotti come frutta, paté, pappe e alimenti semilavorati che possono essere riscaldati nel forno a microonde. Inoltre, può essere laminato per estrusione con molti altri polimeri per vari scopi.

– **Polimetil pentene (PMP o TPX)** – È trasparente, resistente a temperature fino a 200 ° C, ha una buona resistenza agli agenti chimici, trasparenza e brillantezza. L'uso principale del packaging alimentare è il rivestimento sul cartone mediante estrusione per l'uso in applicazioni di cottura sotto forma di scatole di cartone e vassoi per pane, torte e altri cibi cotti nel pacchetto. Il cibo confezionato può essere riscaldato nel forno a microonde e in altri forni.

– **Polimeri ad alto contenuto di nitrile (HNP)** – Viene utilizzato nella produzione di altri materiali plastici quali ABS e SAN conferendo loro proprietà barriera ai gas e ai gusti e una buona resistenza chimica. HNP è adatto per l'imballaggio alimentare ed è realizzato con il marchio BAREX che viene soffiato e colato come film per estrusione o iniezione. È trasparente, resistente e rigido. Viene utilizzato dalla coestrusione con HDPE per la produzione di bottiglie e con film in PE, PP e alluminio per applicazioni in imballaggi flessibili. Le piastre possono essere termoformate.

– **Fluoropolimeri (PCTFE/PTFE)** – Il PCTFE ha le più alte proprietà barriera per i vapori d'acqua di tutti i polimeri ed è resistente a molti prodotti chimici a basse temperature. Può sostituire il foglio di alluminio ed è disponibile come film o lastre. È trasparente, può essere sigillato per riscaldare, può essere laminato, termoformato, metallizzato e sterilizzato. È relativamente costoso e, sebbene sia possibile, non viene applicato agli imballaggi per alimenti. Il PTFE (Teflon) ha una temperatura di fusione elevata ed è un polimero inerte e ceroso. È utilizzato nella costruzione di macchine per imballaggio.

– **Materiali a base cellulosa** – Il film di cellulosa rigenerata (RCF) è costituito da cellulosa estratta da legno disciolto e rigenerata per estrusione attraverso una fessura, gettata su un tamburo e trattata con acido dopo che viene avvolta su un tamburo sotto forma di film. RCF, chiamato Cellophane è un materiale rinomato. Non è un materiale termoplastico, è un polimero ad alto peso molecolare, naturalmente ottenuto. Per renderlo flessibile, è plastificato con umettanti di tipo glicole. Il grado di flessibilità può essere modificato da rigido a molto flessibile, può essere piegato o utilizzato ruotando. È una barriera debole per i vapori d'acqua e questa proprietà viene utilizzata con prodotti che devono perdere umidità, come prodotti da forno e altre confezioni di farina per ottenere la giusta consistenza quando viene confezionata. (I film plastici, ad esempio, PP o PE manterrebbero l'umidità relativa troppo alta all'interno della confezione e, quindi, favorirebbero lo stampaggio). Quando è asciutto, RCF è una buona barriera all'ossigeno. La saldatura / sigillatura per il riscaldamento e la barriera che migliora i vapori di acqua e gas possono essere ottenuti mediante rivestimento con nitrocellulosa o PVdC. Può essere colorato (rosso per i regali di Natale) e metallizzato ed



è stampabile. L'acetato di cellulosa è anche derivato dalla cellulosa. È molto trasparente e lucido. Può essere stampato È stato utilizzato dalla laminazione sul cartone e dalle finestre sul design dei cartoni. È più costoso rispetto al BOPP che ha proprietà simili, è stato anche sostituito da altri polimeri come PVC, PET, PP, PVA

– **Polivinil acetato (PVA)** – È un polimero che forma un materiale amorfo con buone proprietà adesive in termini di accessibilità e potenza della saldatura essiccata. L'uso principale di PVA nella confezione del cibo è come un adesivo disperso in acqua. Gli adesivi PVA sono utilizzati per sigillare le cuciture laterali delle scatole di cartone pieghevoli e l'imballaggio del cartone ondulato e la laminazione sul foglio di alluminio.

**Tabella A2. 1Proprietà dei principali polimeri utilizzati nell'imballaggio in plastica**

Name	Density g/cm <sup>3</sup>	Tm Melting °C	Tg glass °C	Tensile strength MPa	Elastic limit %
PET	1.37-1.455	260	75	55-75	50-150
LDPE	0.910 -0.940	98-115	-	8.0 -31	
PVC	1.30-1.58	100260	57-82	50-80	20-40
HDPE	0.952-0.965	130-137	-	18.5-24.8	55
PP	0.855-0.946	160	-	31-41	15
PS	1.04-1.05	240	95	45-60	3-4
ABS	1.04-1.05	-	105-115	29.6	20
SAN	1.06-1.1	-	102-104	32-40	4
PC	1.2-1.22	267	150	55-75	80-150
PA Nylon 6	1.15	254	-	59-90	50



ANNEX 2 PLASTICS, TYPES, PROPERTIES AND CHARACTERISTICS FOR THE DESIGN OF FOOD PACKAGING.

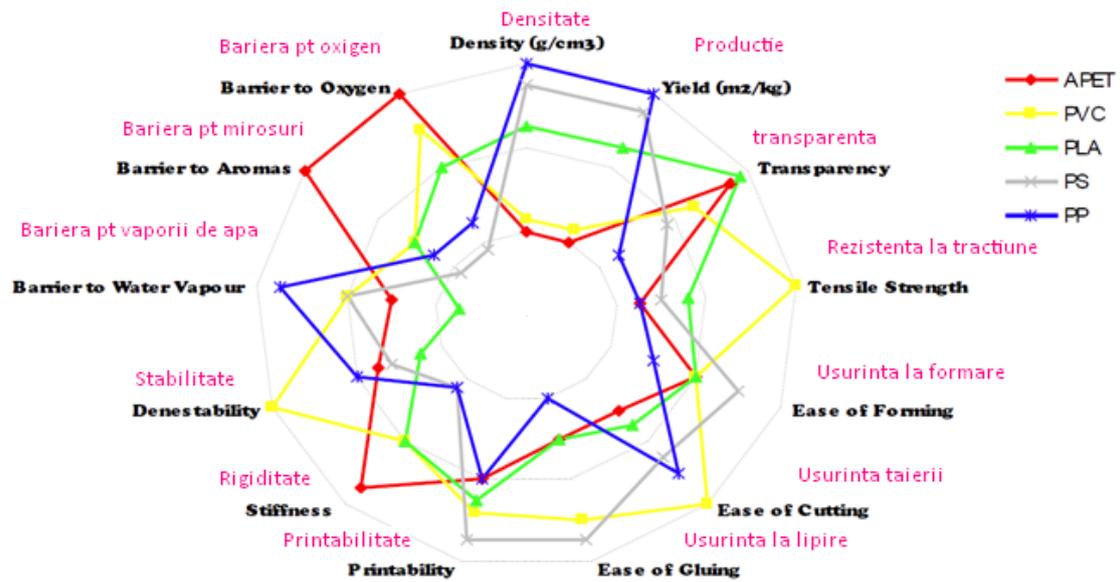


Fig. A2.1 Il diagramma a ragno delle proprietà dei polimeri, da *Design for plastic packaging recyclability*, Mepex Consult AS 2017



**Tabella A2.2 Tabella per l'uso della plastica in imballaggi rigidi, da<sup>14</sup>**

Plastica	LDPE	HDPE	PP	PVC	PET	PS
Approvato per alimenti	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
Temperatura approssimativa di riempimento a caldo	80	95	120	50 a 65 Dipende dal tipo	60 standard, 85 parziale, 95+ completo	60 a 95 dipende dal tipo
Barriera all'ossigeno	Molto scarsa	Scarsa	Scarsa	Moderata a buona	Buona	Scarsa
Barriera all'umidità	Buona	Eccellente	Eccellente	Moderata	Moderata	Scarsa
Resistenza all'impatto	Eccellente	Buona	Scarsa – Buona	Scarsa - Buona	Eccellente	Scarsa - Buona
Trasparenza	Moderata	Scarsa	Scarsa – Buona	Buona	Eccellente	Scarsa – Eccellente
Applicazioni principali	Tappi morbidi	Bottiglie, tappi, chiusure	Pentole e vasetti, tappi a vite, tappi a cerniera, alcune bottiglie	Bottiglie	Bottiglie per bevande gassate e altre bottiglie	Yogurt e vaschette per formaggi
Processi di stampaggio	Stampaggio a iniezione, estrusione, soffiaggio	Stampaggio a iniezione, estrusione, soffiaggio	Stampaggio a iniezione, estrusione, soffiaggio termoformatura	Estrusione, soffiaggio, termoformatura	Soffiaggio, termoformatura	Iniezione, termoformatura

<sup>14</sup> F. Hannay, Nampak Group Research & Development, Rigid Plastics Packaging - Materials, Processes and Applications, Rapra Technology Limited, UK



**Tabella A2.3 Le proprietà di utilizzo dei materiali plastici utilizzati come imballaggio per alimenti<sup>15</sup>**

Materiale	Caratteristiche del prodotto		Tematiche marketing		Tematiche ambientali		Costi
	Vantaggi	Svantaggi	Vantaggi	Svantaggi	Vantaggi	Svantaggi	
Poliolfine, PP,PE	Buona barriera contro l'umidità;Resistente; Resistenza agli agenti chimici	Scarsa barriera ai gas	Leggero	Leggermente opaco, traslucido	Riciclabile; elevate fonte energia per incenerimento	Facilmente riciclabile in forma semi-rigida; più difficile identificarlo e separarlo in film	Basso costo
Poliestere	Resistente; Resistenza con riempimenti caldi; Buone proprietà barriera		Trasparente, Resistente alla frantumazione		Riciclabile (a),(b)	Facilmente riciclabile in forma semi-rigida; più difficile identificarlo e separarlo in film	Poco costoso ma costo più elevato rispetto ad altre plastiche
Cloruro di polivinile PVC	Modellabile; Resistente agli agenti chimici		Trasparente		Riciclabile (a)	Contiene cloro; Richiede la separazione dagli altri rifiuti	Basso costo
Cloruro di polivinilideneP VDC	Elevata barriera contro umidità e gas; Sigillabile con il calore; Resiste al riempimento a caldo;		Conserva la qualità del prodotto		Riciclabile (a)	Contiene cloro; Richiede la separazione dagli altri rifiuti	Poco costoso ma costo più elevato rispetto ad altre plastiche

<sup>15</sup> After: KENNETH MARSH & BETTY BUGUSU, Food packaging and its environmental impact, www.ift.org



Polistirene PS	Disponibile come forma rigida, film e schiuma	Scarse proprietà barriera	Buona trasparenza		Riciclabile (a)	Richiede la separazione dagli altri rifiuti	Poco costoso
Poliammide PA	Resistente; Buone proprietà barriera				Riciclabile (a)	Richiede la separazione dagli altri rifiuti	Poco costoso ma costo più elevato rispetto ad altre plastiche
Alcol Etilenico Vinilico EVOH	Elevate proprietà barriera per oli e grassi	Scarse proprietà barriera all'umidità; sensibile all'umidità	Mantiene la qualità del prodotto in prodotti sensibili all'ossigeno		Riciclabile (a)	Richiede la separazione dagli altri rifiuti	Poco costoso se utilizzato come film
Acido polilattico PLA	Biodegradabile; Idrolizzabile				Riciclabile (a),(c)	Richiede la separazione dagli altri rifiuti	Mediamente costoso
a) Tutti i materiali termoplastici sono tecnicamente riciclabili e sono riciclati per la protezione dell'ambiente e contribuiscono ad abbassare il costo.							
b) Sono ampiamente riciclati per la produzione di prodotti non alimentari.							
c) Le macromolecole (polimeri) possono essere scomposte a livello di monomero e riprocessate.							

Tabella A2.2 Materiali compatibili



Tabella A2.4 Permeabilità dei principali polimeri, tratta da [http://www.faybutler.com/pdf\\_files/HowHoseMaterialsAffectGas3.pdf](http://www.faybutler.com/pdf_files/HowHoseMaterialsAffectGas3.pdf)

		COMPONENTS								
		HDPE	LDPE	PP	PVC	PS	PET	Paper	Steel	Aluminum
I	BODY	HDPE	LDPE	PP	PVC	PS	PET	Paper	Steel	Aluminum
	HDPE	LDPE	PP	PVC	PS	PET	Paper	Steel	Aluminum	
	LDPE	PP	PVC	PS	PET	Paper	Steel	Aluminum		
	PP	PVC	PS	PET	Paper	Steel	Aluminum			
	PVC	PS	PET	Paper	Steel	Aluminum				
	PS	PET	Paper	Steel	Aluminum					
	PET	Paper	Steel	Aluminum						
	Paper	Steel	Aluminum							
Aluminum	Steel	Aluminum								

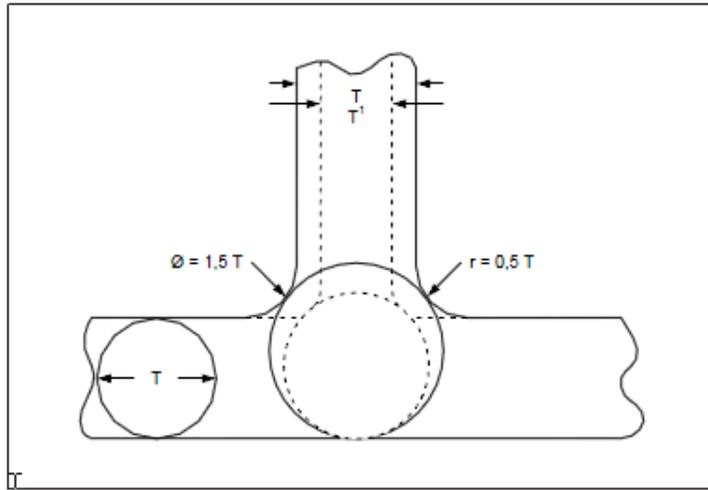


Polymer	Common/Trade Name	Permeability Coefficients at 25°C ( $P \times 10^{10}$ )	
		Oxygen	Moisture
Poly(isoprene)	Natural Rubber	23.3	2290
Poly(chloroprene)	Neoprene G	4.0	910
Poly(isobutene-coisoprene)	Butyl Rubber	1.3	110
Poly(vinyl chloride)	PVC (unplasticized)	0.045	275
Poly(tetrafluoroethylene)	Teflon	4.2	4.8
Poly(tetrafluoroethylene-co)	Teflon FEP	4.9	17
Poly(ethylene), low density (0.914 g/cm <sup>3</sup> )	LDPE	2.2	68
Poly(ethylene), high density (0.964 g/cm <sup>3</sup> )	HDPE	0.3	9
Poly(propylene) density (0.907 g/cm <sup>3</sup> )	PP	1.2	35
Poly(vinylidene chloride)	Saran	0.005	0.5
Poly(trifluoro chloroethylene)	Kel-F81	0.04	0.1
Poly(ethyl methacrylate)	Plexiglas	1.2	3200
Poly(carbonate)	Lexan	1.4	1400
Poly(ethylene terephthalate)	PET	0.035	130

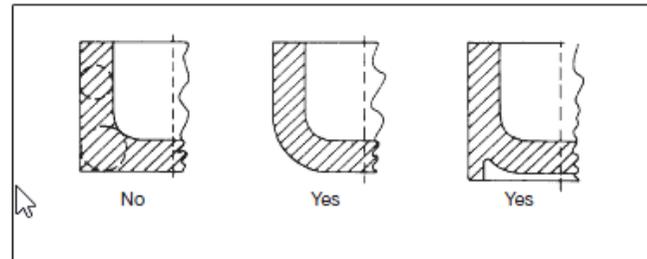
Permeability Coefficient  $P$  = (amount of permeate) (film thickness)/(surface area) (time) (pressure-drop across film).  
Units of  $P$ : [cm<sup>3</sup> cm]/[cm<sup>2</sup> s (cm Hg)].



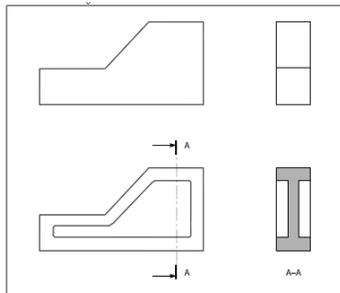
ALLEGATO3: ALCUNI ORIENTAMENTI PER LA PROGETTAZIONE DI PEZZI IN PLASTICA STAMPATI NEGLI STAMPI (ESTRATTI DALLA GUIDA DI PROGETTAZIONE - MODULO 1 DUPONT)



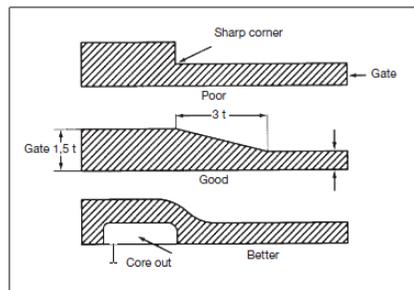
**A3.1 Dimensioni**



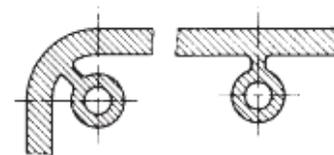
**A3.2 Design angolo esterno**



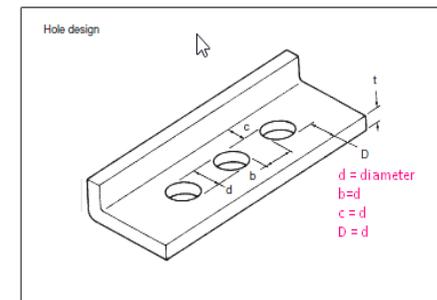
**A3.3 Design uniforme della parete**



**A3.4 Transizione spessori differenti**



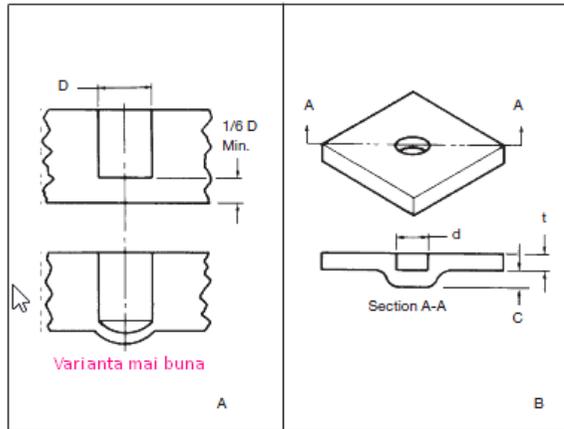
**A3.5 Buon design per sporgenze**



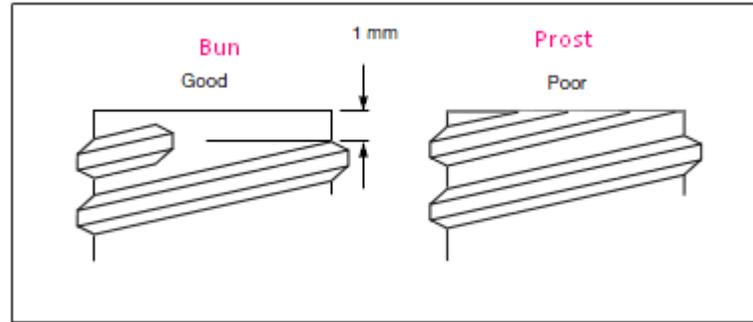
**A3.6 Spessore fori**



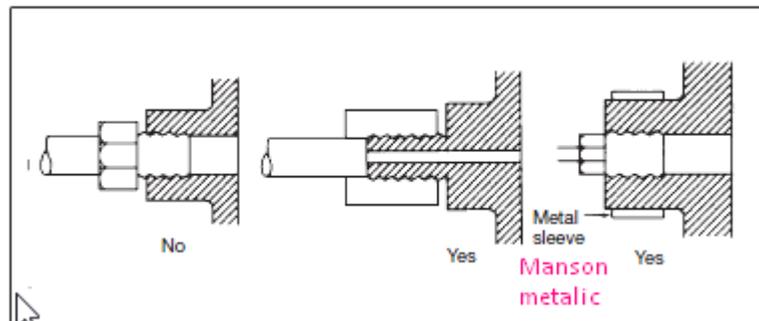
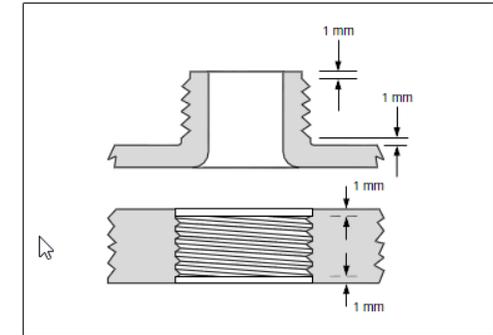
ALLEGATO3: ALCUNI ORIENTAMENTI PER LA PROGETTAZIONE DI PEZZI IN PLASTICA STAMPATI NEGLI STAMPI (ESTRATTI DALLA GUIDA DI PROGETTAZIONE - MODULO 1 DUPONT)



**A3.7 Fori**



**A3.8 Terminazione corretta dei fili**



**A3.9 Fili metallizzati-plastica**

Tolleranze: in generale per il versamento nello stampo, si possono ottenere tolleranze uguali con:  
 $\Delta t_o = \pm (0,1 \dots 0,0015 * a)$  [mm]  
 dove a è in [mm].

