

Appunti di condizionamento alimentare

ZEPPA G.
Università degli Studi di Torino



- Packaging – manufatti ed attività concernenti l'operazione di confezionamento dei prodotti → imballaggio, confezionamento, condizionamento
- Il condizionamento è una operazione complessa in quanto formato da più operazioni unitarie
- Il packaging dipende dalla produzione ma anche dalla distribuzione e dal consumo
- Le funzioni di un imballaggio sono:

- ✓ Contenimento : fondamentale per liquidi e polveri
- ✓ Protezione : verso sollecitazioni meccaniche; effetto di luce, umidità, ossigeno; contaminazioni; manipolazioni indesiderate o fraudolente
- ✓ Comunicazione
- ✓ Servizio → aperture facilitate, richiuse, attitudine al trattamento in forno etc.
- ✓ Logistica → possibilità di movimentazione

- In Europa il settore packaging ha un valore di 130 Mdi di €
- 40% cellulosici, 30% plastiche, 19% metalli, 7% vetro

(Anno 2008)	Produzione (10 ³ t)
Acciai rivestiti	684
Alluminio	171
Cellulosici	5.303
Poliaccoppiato	132
Plastica	3.383
Vetro	3.641
Legno	3.169

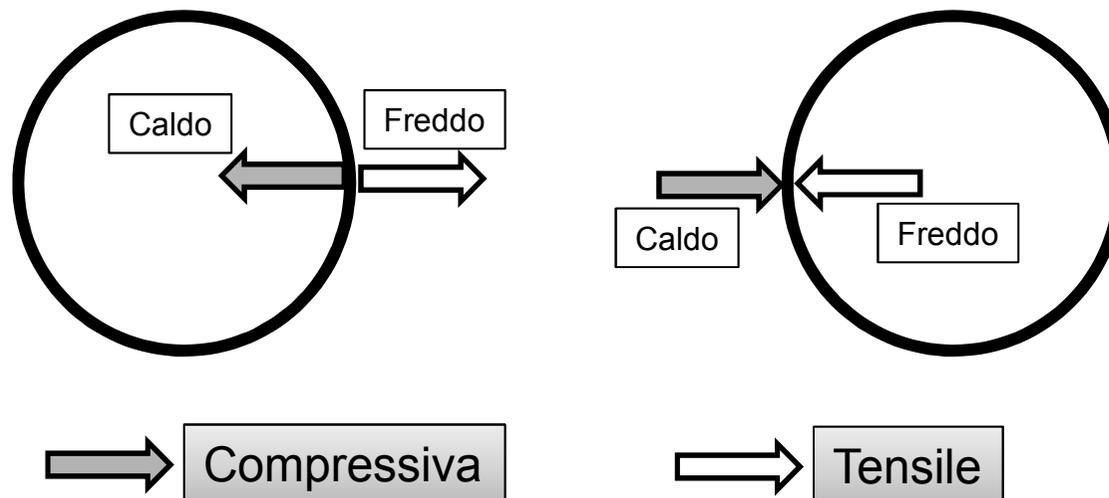
Vetro

- E' il più antico
- Usato in genere per contenitori cavi (bottiglie, flaconi, vasi)
- E' un solido inorganico, non metallico (solido amorfo) dove il raffreddamento rapido del fuso impedisce la cristallizzazione
- Il vetro è costituito da Silice (SiO_2 ; 70-74%) aggiunta di
 - ✓ Vetrificanti: importante l'anidride borica; danno maggiore resistenza agli sbalzi termici, brillantezza, resistenza chimica, ridurre la dilatazione
 - ✓ Fondenti (13-16%): carbonato di sodio o di potassio; abbassano la temperatura di fusione
 - ✓ Stabilizzanti (12-13%) : sono ossidi di calcio, magnesio, bario che rendono il vetro non solubile tranne che in HF. L'ossido di alluminio rende il vetro resistente agli sbalzi termici (vetro Pyrex)
 - ✓ Affinanti : solfato sodico, favoriscono l'uscita delle bolle di gas
 - ✓ Coloranti : si basa su principi chimici o fisici
 - ✓ Rottame di vetro : funge da vetrificante e fondente; 80% in vetro colorato, 20-50% in vetro giallo/marrone, <10% in vetro bianco

- Coloranti chimici
 - ✓ FeO → verde-azzurro
 - ✓ Fe_2O_3 → verde
 - ✓ Cu_2O → rosso
 - ✓ CuO → verde-blu
 - ✓ Cr_2O_3 → verde-giallo
 - ✓ CoO → blu scuro
- Coloranti fisici
 - ✓ Particelle ultramicroscopiche di rame, oro, solfuro, cadmio, zolfo che rimangono nella massa dando colori gialli, arancio e rosso

Proprietà del vetro

- Materiale fragile, privo di comportamento plastico → con una sollecitazione resiste in modo elastico lineare sino allo sforzo di cedimento quindi si rompe
- Resiste bene ai carichi compressivi → resistenza di un contenitore cilindrico inversamente proporzionale al diametro e direttamente allo spessore
- Coefficiente di dilatazione termica basso
- Se si raffredda un vetro caldo sulla superficie esterna vi sono sollecitazioni tensili e compressive su quella interna mentre se si scalda un vetro freddo saranno compressive quelle esterne e tensili quelle interne → il vetro è più sensibile alle tensili e quindi è necessario testare il vetro verso bruschi raffreddamenti

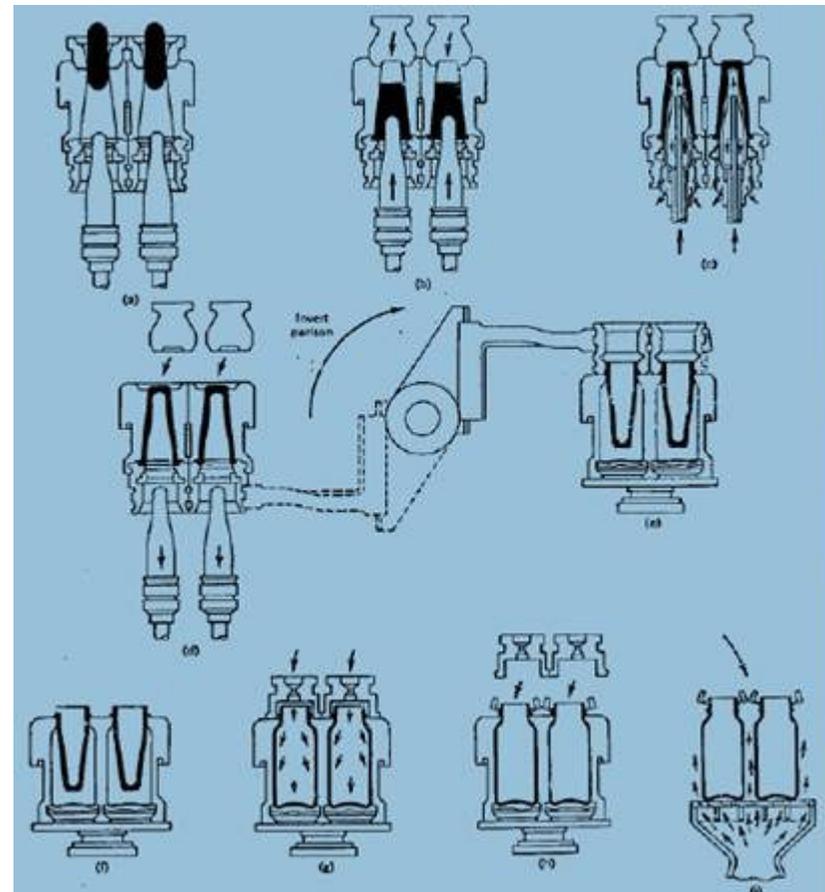
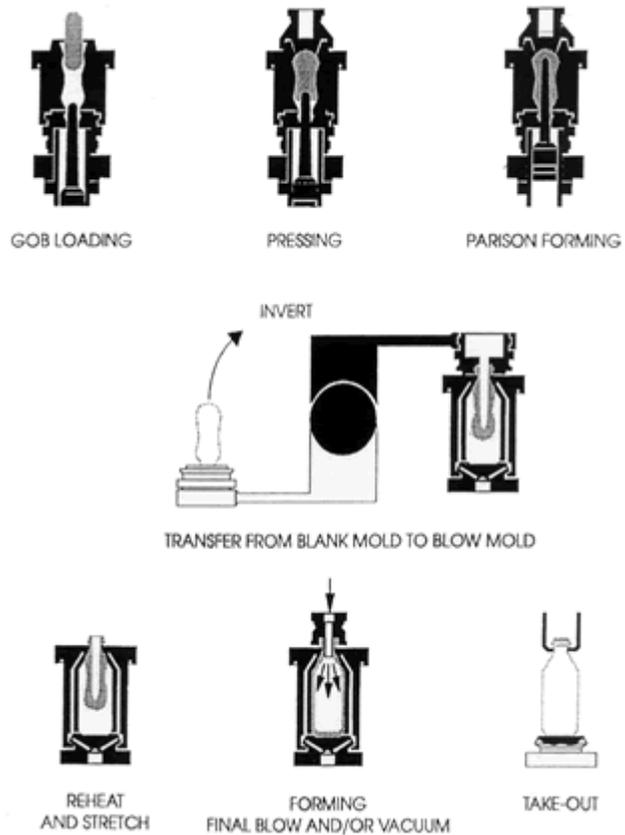


- La trasmissione di luce è limitata dalla riflessione sulla superficie, dall'assorbimento della silice nell'UV profondo (150 nm) e nel medio infrarosso (6000 nm) e nel visibile dai componenti aggiunti
- La colorazione oltre ad effetti estetici protegge il prodotto da radiazioni pericolose
- E' inerte chimicamente ma subisce attacco acido (il Na passa in soluzione soprattutto a caldo) e basico (soluzione alcaline concentrate solubilizzano la silice)

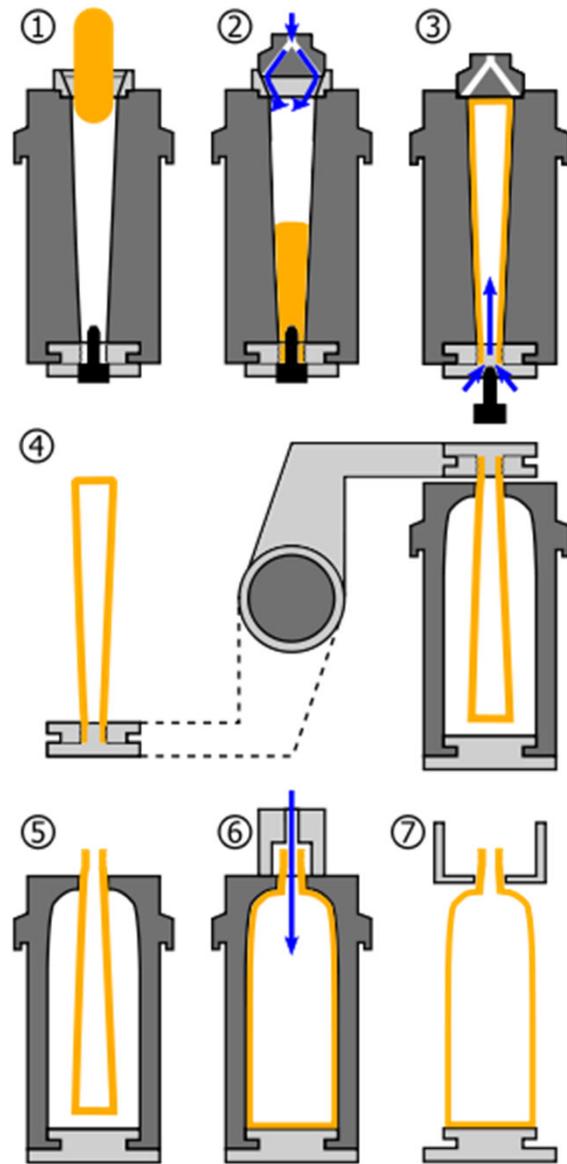
Categoria	Composizione	Condizioni uso	Migrazione Globale (MG) e Specifica (MS)
Vetro A	Vetro boro-silicato e sodico-calcico, incolore o colorato	Qualsiasi, anche sterilizzazione	In acqua distillata a 120 °C per 30 min MG < 50 ppm
Vetro B	Vetro sodico-calcico anche opacizzato	Contatto a T < 80 °C	In acqua distillata a 80 °C per 2 ore MG < 50 ppm
Vetro C	Vetro al piombo	Contatto breve	Al terzo attacco con acqua distillata a 40 °C per 24 ore MG < 50 ppm Al terzo attacco con acido acetico 3% a 40 °C per 24 ore MS < 0.3 ppm Pb

DISAFA

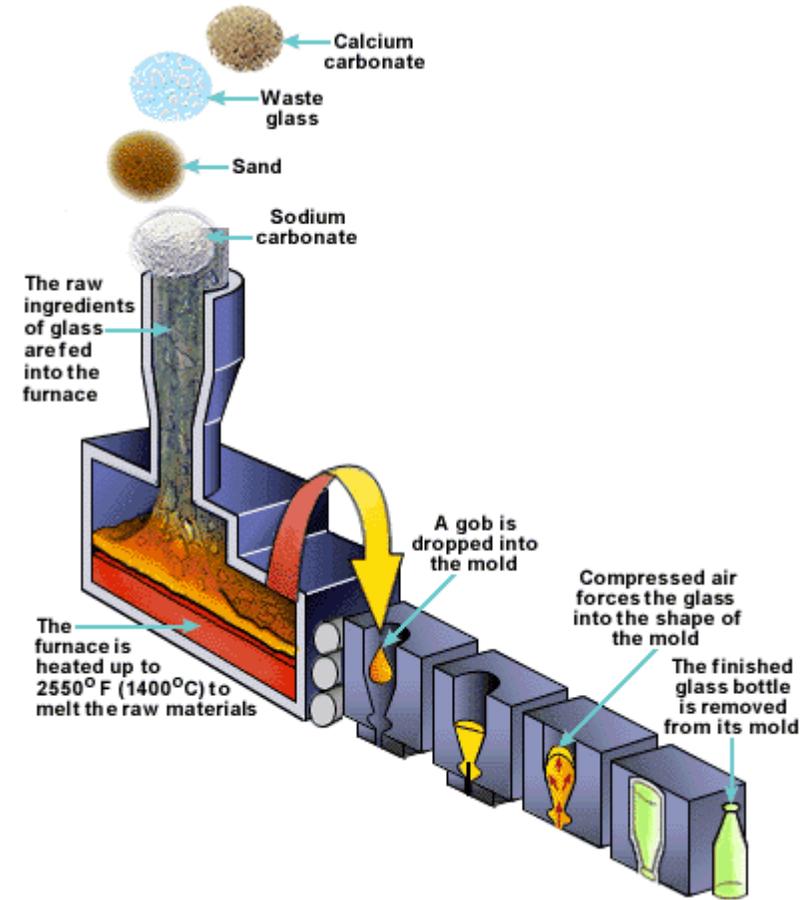
Produzione contenitori in vetro



Presso - soffio



Soffio - soffio



Ricottura (annealing)

- Consiste nel passaggio dei contenitori in un tunnel a 540-550 °C (limite del rammollimento) e nel raffreddamento molto lento → serve per togliere le tensioni formate nel raffreddamento rapido precedente



Rafforzamento del vetro

- Trattamenti di superficie
 - ✓ Hot-end → il contenitore prima della ricottura è spruzzato con tetracloruro di stagno (SnCl_4), cloruro di dimetil stagno $[(\text{CH}_3)_2\text{SnCl}_2]$, tetracloruro di titanio (TiCl_4) → i sali pirolizzano a $550\text{ }^\circ\text{C}$ e formano uno strato superficiale che chiude le microabrasioni e le incrinature rinforzando il vetro → aumenta però l'attrito che viene ridotto con il *cold-end* → il contenitore è spruzzato con cere, oleati, stearati ecc.
- Tempra termica
 - ✓ Usato per vetri piani, poco per bicchieri, no per bottiglie → il vetro è portato quasi al rammollimento poi raffreddato molto rapidamente → si formano forze compressive esterne che compensano quelle interne → se applicato a contenitori lo spessore deve essere notevole ($> 3\text{ mm}$) e l'imboccatura ampia per il raffreddamento rapido
- Tempra chimica
 - ✓ Sperimentale → si tratta a caldo con sali di potassio fusi → il K sostituisce il Na nel reticolo ma essendo più grande si ha uno stress compressivo ed il contenitore è più resistente → servono spessori elevati

Metalli

- Hanno proprietà interessanti come contenitori
 - ✓ Struttura molecolare compatta che rende impossibile il passaggio di luce e gas anche con spessori minimi
 - ✓ Malleabili → forme diverse con sforzi minimi
 - ✓ Elevata tenacità strutturale → sono molto robusti
 - ✓ Elevata conducibilità termica → ottimi per pastorizzazioni/sterilizzazioni
 - ✓ Riciclabili
- Importanti
 - ✓ Alluminio
 - ✓ Acciaio inox
 - ✓ Acciaio rivestito

Alluminio

- Si utilizzano molte leghe di alluminio per tubetti deformabili (1050), corpo di scatole (3004), fondelli (5182, 5052), aperture facilitate (5042, 5082), fogli sottili (8079)
- Se puro va incontro a corrosione
- E' leggero (2.7 g/cm^3), duttile e malleabile (si porta a $5-6 \mu\text{m}$), fonde a $670 \text{ }^\circ\text{C}$, ha conducibilità metà del rame, 13 volte l'acciaio inox, non è magnetico
- Si passiva naturalmente formando ossido (Al_2O_3) ma lo strato è sottile e non omogeneo → serve la passivazione per anodizzazione e successivo fissaggio → la superficie è protetta e per pH fra 3 ed 8 inerte → se si superano i valori lo strato si scioglie ed il metallo si corrode

- Foglio sottile di alluminio
 - ✓ Spesso accoppiato ad altri materiali, usato a livello artigianale/domestico
 - ✓ Si laminano a freddo o caldo pezzi di metallo puro. Per spessori $< 50 \mu\text{m}$ si laminano due fogli ponendo fluidi speciali sui rulli \rightarrow lato lucido verso il cilindro di calandratura e lato opaco dall'altra



Confez 1

- Vaschette, vassoi
 - ✓ Ampio uso, con forme e dimensioni variabili
 - ✓ Chiudibili con coperchi o per termosaldatura
 - ✓ Laminazione a $30-100 \mu\text{m}$, trattamenti termici di pulizia, formatura a freddo



Confez 2

- Pentole alluminio non rivestito
 - ✓ Varie forme, dimensioni, utilizzi → elevata conducibilità
 - ✓ Formatura a freddo per pressione



Confez 3

- Contenitori in alluminio anodizzato
 - ✓ Varie forme, dimensioni, utilizzi → elevata conducibilità
 - ✓ Si parte da getti che vengono anodizzati con spessore di ossido di almeno 15 μm . Vi può essere anche una elettrocolorazione



- Contenitori da pressofusione
 - ✓ Oggetti complessi da 0.8 a 10 mm
 - ✓ Il metallo viene fuso, colato in uno stampo e solidificato in pressione



Confez 4

Banda stagnata e acciai rivestiti

- La banda stagnata è il più antico materiale metallico per il condizionamento
- Rivestimenti con ossidi di stagno, cromo e vernici polimeriche
- L'acciaio è una lega ferro-carbonio: più alta è la % di carbonio più l'acciaio è duro e fragile → per il packaging usati acciai dolci a bassa % di carbonio (*carbon steel*) → 0.05-1% di carbonio → *low, medium, high, very high carbon steel*
- Si hanno piastre che sono laminate a caldo e poi a freddo sino allo spessore necessario → 0.13-0.38 mm
- La banda viene poi ricoperta con ossidi di stagno mediante vari processi e con vernici polimeriche
- Sono in genere inerti agli alimenti
- Poiché lo stagno è raro, si hanno bande non stagnate (*tin free steel, TFS*) con cromo
- Si può fare un rivestimento anche con poliestere e polipropilene

Acciai inossidabili

- Sono leghe ferrose con almeno l'11% di cromo che determina una autopassivazione sia esterna che interna → inerzia chimica e resistenza alla corrosione
- Esistono centinaia di acciai inossidabili in funzione della formulazione
- In funzione della struttura si hanno quattro acciai:
 - ✓ Austenitici → AISI 304 – AISI 316 → serbatoi, pentole, scambiatori
 - ✓ Ferritici → 11-30% cromo, poco costosi → bulloni, posateria, lavelli
 - ✓ Martensitici → molto duri → bisturi, coltelli, lame
 - ✓ Duplex o Austeno-ferritici → resistenti alle corrosione → scambiatori, trivelle, vasche per salamoie
- Per il packaging importanti gli austenitici (18% cromo, 8% nichel)

Contenitori di metallo

- Tubetti deformabili
 - ✓ Usati per salse varie
 - ✓ Prodotti in alluminio per estrusione e rimontaggio. Segue una tempera per dare flessibilità e la verniciatura
 - ✓ Il contenitore collassa con l'uso e quindi non entra ossigeno



- Contenitori per aerosol
 - ✓ In genere di alluminio da estrusione e rimontaggio a cui segue la verniciatura
 - ✓ Sul fondo viene ricavata una concavità per aumentare la resistenza meccanica

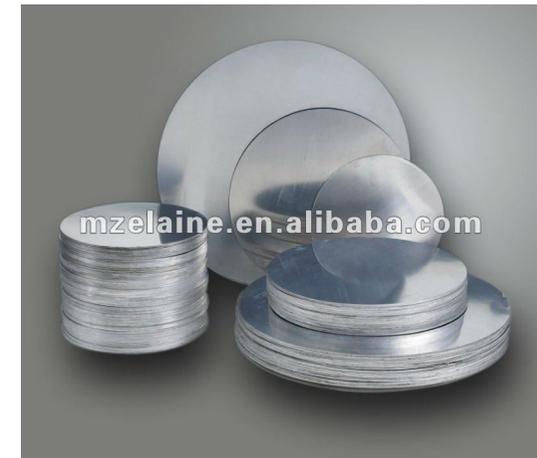
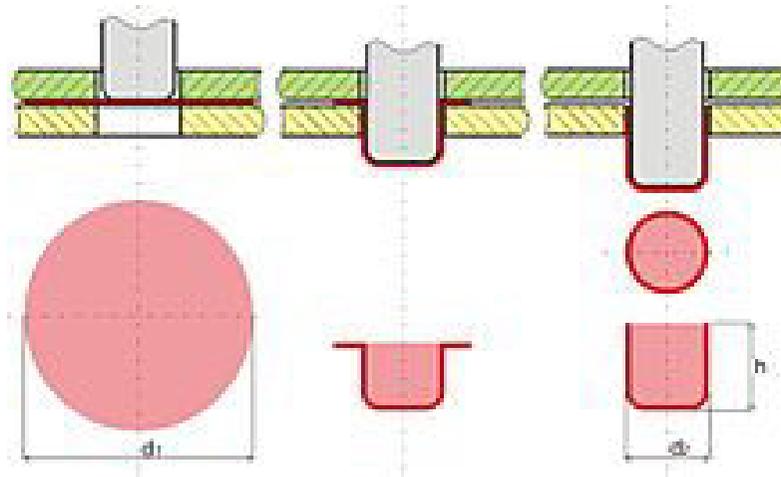
- Kegs in acciaio
 - ✓ Usati per la distribuzione
 - ✓ Ottenuti per imbutitura di due semisfere saldate al centro
 - ✓ Hanno una valvola di spillatura



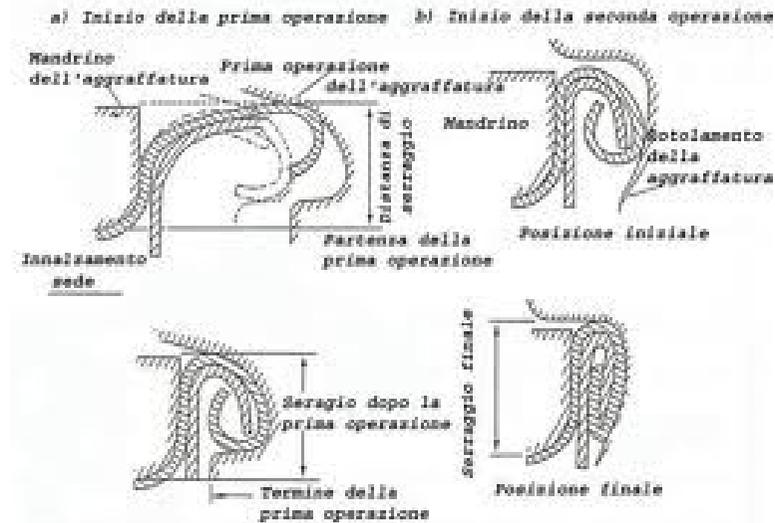
- Fusti e barili
 - ✓ Grandi contenitori per trasporto
 - ✓ Ottenuti da un corpo con saldati due fondi, possono essere rivestiti
 - ✓ Attualmente esistono i *bag in drum* dove il fusto è il contenitore esterno rigido che contiene un sacco multistrato flessibile con il prodotto



- Barattoli e scatole metalliche
 - ✓ In banda stagnata, alluminio o banda cromata
 - ✓ Il coperchio può essere diverso, spesso in alluminio
 - ✓ Il corpo è rinforzato da anelli
 - ✓ Necessari rivestimenti interni
 - ✓ I fondelli vengo aggraffati e possono essere ad apertura facilitata
 - ✓ Possono essere costruiti in
 - Tre pezzi (un cilindro e due coperchi) → il cilindro è chiuso con saldatura o resine o aggraffatura, i coperchi aggraffati
 - A due pezzi imbutite e stirate → tipico delle bevande gasate; da un disco si ha il corpo per imbutitura e stiramento poi chiuso con coperchio



- A due pezzi imbutite e re-imbutite → un disco viene imbutito più volte con diametri decrescenti → non si riduce lo spessore delle pareti



Cellulosolitici

- Gruppo molto ampio di materiali con applicazioni che vanno dall'avvolgimento diretto dell'alimento agli imballaggi
- Per la produzione usato legname di recupero, scarti di lavorazione, legno di bassa qualità, fibra di recupero (carta da macero)
- Presenti materie prime non fibrose quali:
 - ✓ Sostanze di carica → servono a riempire gli spazi fra le fibre → superficie chiusa e piana → materiale più liscio, più opaco, scrivibile
 - ✓ Sostanze collanti → danno impermeabilità e rendono la carta stampabile
- Sono presenti additivi vari
 - ✓ Coloranti
 - ✓ Per resistenza a secco (amido, gomme)
 - ✓ Per resistenza a umido (poliammidi, resine)
 - ✓ Specifici (ammorbidenti, indurenti, ritardanti di fiamma, biocidi)

- Il cartone ondulato è formato da più fogli di carta di cui almeno uno ondulato («onda») ed uno teso («copertina») incollato al primo
- Esiste in varie tipologie:
 - ✓ Cartone a onda semplice o a una sola onda → carta tesa – ondulato – tesa
 - ✓ Cartone a doppia onda o doppio-doppio → carta tesa – ondulato – carta tesa (foglio teso) – ondulato – carta tesa
 - ✓ Cartone a tripla onda o pesante a tripla onda → carta tesa – ondulato – foglio teso – ondulato – foglio teso – ondulato – carta tesa
- Viene classificato in base a : altezza d'onda, numero onde per metro lineare, passo (distanza fra la sommità di due onde vicine), coefficiente di ondulazione (numero di metri lineari di carta per onda per avere 1 metro di carta ondulata)

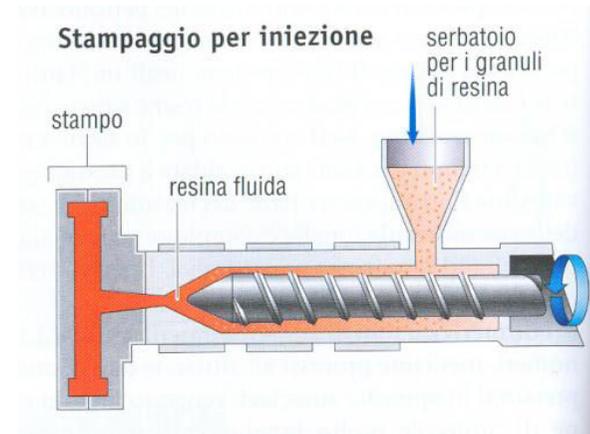
- Il cellophane è il capostipite delle plastiche
- Produzione complessa, usato con lacche per essere impermeabile
- Poco usato se non per caramelle



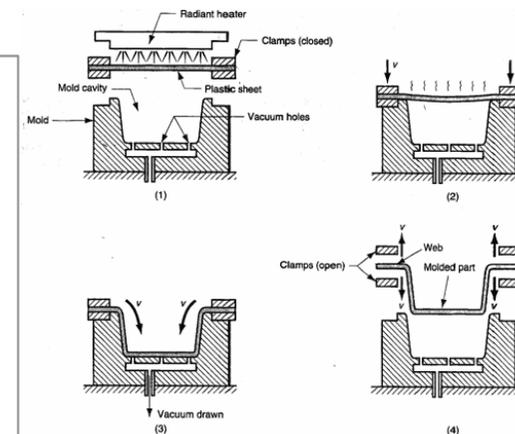
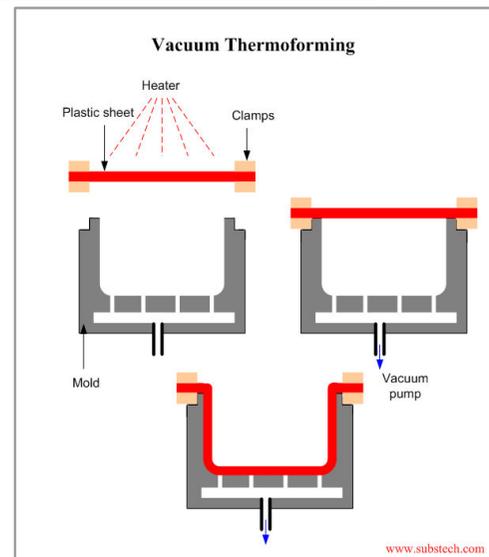
Materiali plastici

- Polimeri per materiali strutturali
 - ✓ LDPE → Polietilene a bassa densità
 - ✓ HDPE → Polietilene ad alta densità
 - ✓ PP → Polipropilene
 - ✓ PS → Polistirene
 - ✓ PVC → Cloruro polivinile
 - ✓ PET → Polietilentereftalato
- Polimeri saldanti
 - ✓ EVA → Etilenvinil acetato
 - ✓ Ionomeri
 - ✓ Poliolefine
- Polimeri a barriera di gas
 - ✓ PA → Poliammidi
 - ✓ PVDC → Cloruro di polivinildene
 - ✓ EVOH → Etilenvinil alcol
 - ✓ MXD6
 - ✓ PVA → Polivinilalcol

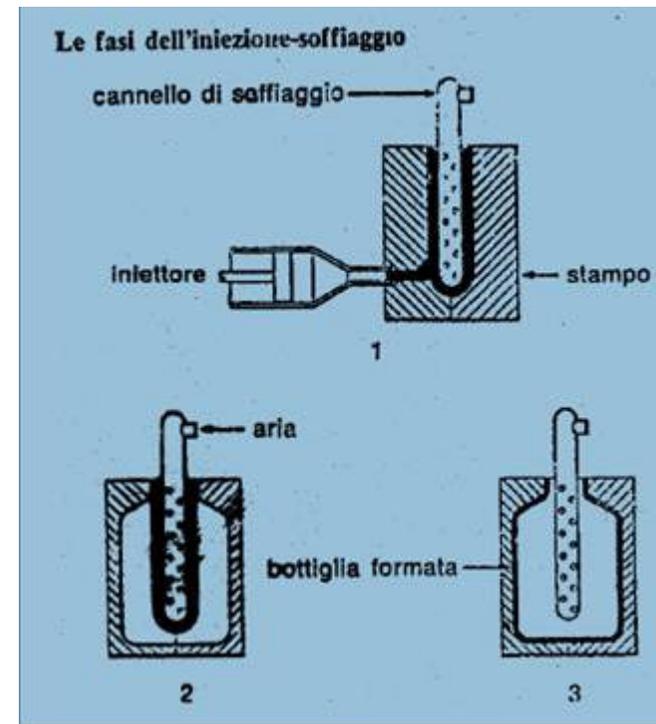
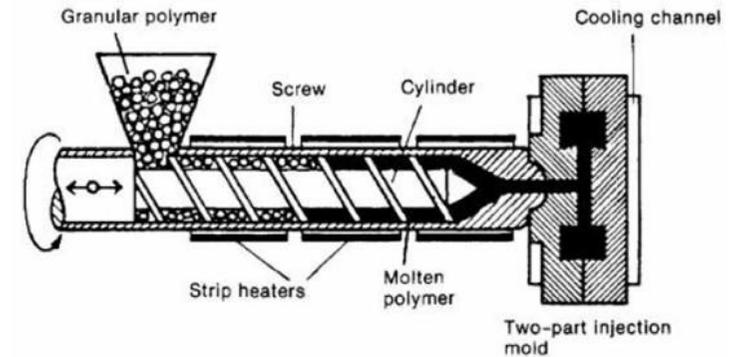
- Materiali da imballaggio
 - Film (spessore < 250 μm), foglie (250 μm -1 mm), lastre (> 1 mm)
- Vaschette/corpi cavi stampati a iniezione



- Vaschette/corpi cavi termoformati
 - ✓ Si scalda un film sino alla plasticità che viene fatto aderire allo stampo con vuoto o pressione



- Bottiglie/flaconi
 - ✓ Estrusione e soffiaggio
 - ✓ Iniezione e soffiaggio
 - ✓ Soffiaggio e stiro



Compositi

- Si tratta di packaging formati da più materiali → problema di riciclaggio ma si ottimizzano le prestazioni
- In genere sono usati per imballaggi flessibili benchè i vetri rivestiti o la banda laccata siano dei compositi

Modificazione superficiale delle pellicole

- Molti polimeri non si possono stampare o non sono sensibili agli adesivi → necessario modificare la superficie
 - ✓ Trattamento corona: il film viene fatto passare in una camera con aria o gas speciali dove elettrodi creano una differenza di tensione molto elevata (3000-9000 V) → si ossida la superficie che diventa compatibile con colle e inchiostri
 - ✓ Trattamento a fiamma : si passa i fil su fiamme che ne modificano le caratteristiche
 - ✓ Trattamento al plasma : si ionizza un gas con onde elettromagnetiche e posto a contatto con il film
 - ✓ Trattamento con elettroni accelerati : si tratta il film con elettroni
 - ✓ Trattamento chimico : si tratta il film con un rivestimento polimerico disciolto in solventi → si tratta di un coating pur con spessori ridotti

Rivestimento (Coating)

- Viene applicato un sottile strato ($0.5 - 15 \mu\text{m}$) di materiale fuso o fluido sul polimero
- Importante la velocità di trattamento, l'ottima adesione e prestazioni elevate con bassi spessori
- Si può usare un sistema tipo di stampa → il polimero viene fatto passare su di un rullo a tampone impregnato

Metallizzazione ad alto vuoto

- Processo discontinuo
- Si fa passare il film in una camera ad alto vuoto dove viene fuso del metallo (alluminio) → il metallo evapora e si deposita sul film (10-40 nm)

Laminazione/accoppiamento

- Si parla di *laminato*, *accoppiato*, *poliaccoppiato* per indicare strutture multistrato prodotte unendo materiali in plastica, carta e alluminio
- Importante l'adesione dei vari strati con collanti
 - ✓ Poliaccoppiato per liquidi : può essere formato da vari strati → minimo polietilene-carta-polietilene per brevi conservazioni → se lunghe conservazioni, si mette anche alluminio (LDPE-LDPE-alluminio-carta-LDPE). Possono essere:
 - In bobina
 - Preformati

Imballaggio flessibile

- E' un imballaggio la cui forma cambia in funzione del prodotto → va bene per liquidi ma anche solidi
- In realtà indica un contenitore con pressione interna uguale a quella esterna e che si può adattare ai cambi di pressione esterna
- Potenziali vantaggi
 - ✓ Minore peso della confezione
 - ✓ Infrangibilità
 - ✓ Nessun rischio con l'uso (tagli, ferite etc..)
 - ✓ Minori costi di trasporto
 - ✓ Minori costi di produzione
 - ✓ Minori costi del materiale
 - ✓ Minori ingombri a vuoto
 - ✓ Maggiore promozione del prodotto
 - ✓ Maggiore servizio
 - ✓ Possibilità di produrre il contenitore al riempimento

Incarti e avvolgimenti

- E' il tipo più semplice e diffuso usando vari materiali e con tecniche manuali ed automatiche
- Tipologie:
 - ✓ Confezionamento a pacchetto (*parcel wrapping*) : il rivestimento viene piegato a pacchetto



- ✓ Confezionamento con avvolgimento a piega (*bunch fold wrapping*) : il materiale viene avvolto intorno al prodotto in modo irregolare



- ✓ Confezionamento a doppio fiocco (*twist wrapping*) : tipico delle caramelle, con carta o cellophane



- ✓ Confezionamento con film estensibile (*stretch wrapping*) : usato su prodotti o vaschette con film plastici



- ✓ Riempimento di preformati flessibili (*bagging*) : utilizza buste/sacchetti che vengono prodotti con varie tecniche con saldature su uno o più lati. I contenitori possono essere preformati o costruiti al momento. Esistono varie tipologie:
 - Da un tubolare chiuso alle due estremità (*two weld bag*)
 - Da un foglio ripiegato (a tre saldature o *three weld bag*)
 - Da due fogli che vengono sovrapposti (a quattro saldature o *four weld bag*)

Le buste a tre e quattro saldature possono avere una struttura sul fondo od un inserto per l'autosostenibilità.

Possono essere inserite anche chiusure a zip



Riempimento

- Operazione fondamentale per la stabilità del prodotto e la qualità → se inferiore ci sono problemi legali, se eccessivo sui costi
- Le riempitrici operano in linea e quindi collegata alla produzione
- La scelta è in funzione del prodotto (solido/liquido, viscosità, omogeneità) e del materiale di confezionamento
- Possono essere:
 - ✓ Per liquidi
 - A livello predeterminato
 - A volume predeterminato
 - ✓ Per solidi
 - A conteggio
 - Per volume
 - Ponderale