

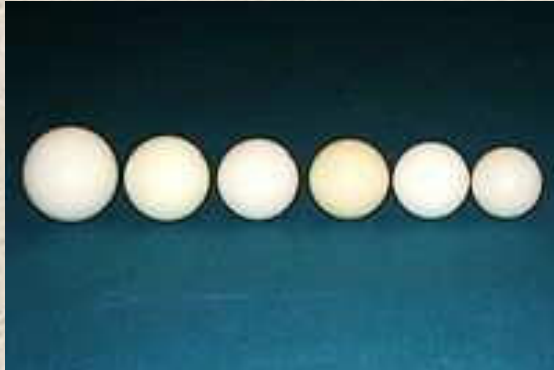


Le materie plastiche

- **Inquadramento storico**
- **Effetti sull'ambiente**
- **Bioplastiche**
- **Origine e composizione delle materie plastiche**
- **La produzione delle materie plastiche**
- **Le tecniche di lavorazione**
- **Il riciclo della plastica**



Inquadramento storico



Nel 1869 l'American Billiard Industry mise in palio un premio di \$ 10,000 per chi fosse riuscito ad inventare un materiale adatto a sostituire le sfere d'avorio. Ogni anno venivano uccisi 12.000 elefanti per recuperare l'avorio utilizzato per la realizzazione di vari prodotti.

Nel 1869 John Wesley Hyatt brevettò la celluloido.



Nel 1887 Hannibal Wilston Goodwin (1822-1900), da alcuni ritenuto erroneamente l'inventore della celluloido, ne brevettò l'impiego come supporto per le pellicole fotografiche. Si trattò di una rivoluzione nel campo della fotografia e rese possibile la nascita della cinematografia.



La diffusione del Moplen

Giulio Natta (1903-1979) è stato insignito del premio Nobel per la chimica insieme a Karl Zielegger nel 1963 per *"le loro scoperte nel campo della chimica e della tecnologia dei polimeri"*, per la messa a punto di catalizzatori capaci di orientare la stereochimica della reazione di polimerizzazione del propilene producendo polipropilene isotattico.

Inquadramento storico

Le materie plastiche sono dei polimeri organici, macromolecole costituite da monomeri, uguali o diversi tra loro, uniti a formare catene di varia lunghezza che possono avere una struttura lineare, ramificata o reticolare.

La produzione industriale della plastica è iniziata da poco più di un secolo ed ha trovato impiego in moltissimi settori. In alcuni casi ha preso il sopravvento rispetto ai materiali tradizionali.

Attualmente la cadenza produttiva mondiale della plastica si aggira intorno a 240 milioni di tonnellate annue.

Il motivo della rapida diffusione delle materie plastiche è dipeso dalle ottime proprietà intrinseche del materiale quali la resistenza meccanica, la leggerezza, la resistenza agli attacchi chimici. La plastica è inoltre inattaccabile da funghi e batteri, impermeabile, durevole, è un ottimo isolante termico ed elettrico ed è resistente alla corrosione.

Gli antenati delle materie plastiche sono stati il rayon e la celluloido, polimeri artificiali ottenuti alla fine del XIX sec. a partire dalla cellulosa. Negli anni Venti è stata prodotta la bachelite, una resina fenolica brevettata nel 1907 negli Stati Uniti dal chimico belga Leon Baekeland. Il nylon ha fatto la sua comparsa nel 1935 ed ha segnato l'inizio di un percorso ricco di successi per le materie plastiche che oggi hanno assunto una valenza estetica propria e sono diventate quasi insostituibili.

I prodotti plastici hanno un'ottima durabilità, ma implicano anche notevoli problematiche in fase di smaltimento ed è per questo che attualmente l'industria chimica si sta spostando verso il nuovo mercato dei biopolimeri.

I MATERIALI PLASTICI SINTETICI

Ad oggi le sostanze plastiche non biodegradabili più comuni derivano dal petrolio o da processi di sintesi. I prodotti, sviluppati principalmente nel secolo scorso, hanno trovato un grandissimo impiego in diversi campi applicativi, sostituendo con successo i materiali convenzionali fino ad allora usati. Tali sostanze presentano proprietà quali la **leggerezza, la flessibilità, l'elasticità, la facilità di lavorazione, la viscosità allo stato fuso o in soluzione e in generale un basso costo di produzione**. Queste proprietà rendono i materiali plastici idonei a molteplici ruoli.

Nel secolo scorso i polimeri di sintesi sono stati i protagonisti di una vera e propria rivoluzione del sistema economico produttivo e sociale. Non si può negare infatti che l'introduzione di tali materiali abbia dato il via ad un mercato di prodotti "usa e getta", che ha contribuito enormemente al consolidarsi di uno stile di vita consumistico, con evidenti ripercussioni sull'ambiente. Infatti i vantaggi costituiti dalle eccezionali proprietà di queste materie plastiche si sono scontrati con alcune problematiche legate al loro utilizzo sotto forma di prodotti di largo consumo (borse e buste di plastica, contenitori di vario tipo, tubazioni, strato interno di contenitori asettici per liquidi alimentari, film per l'agricoltura), per il loro smaltimento.

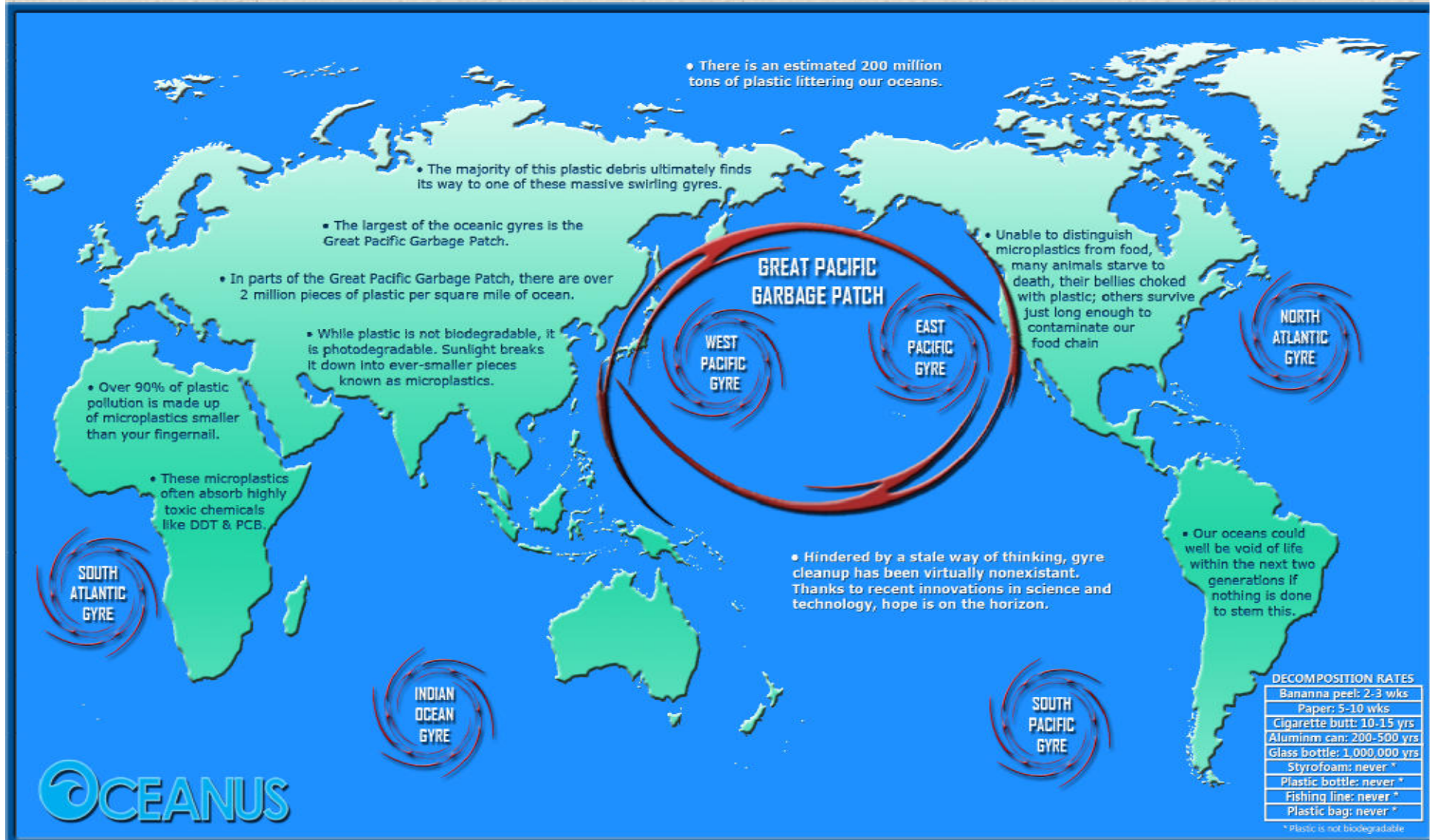
Lo smaltimento dovrebbe prevedere il riciclo ed il riuso dei materiali impiegati. Non sempre questa pratica viene eseguita in maniera corretta e molto spesso il meccanismo si inceppa proprio nel primo stadio.

Il riciclo dovrebbe prevedere il corretto conferimento dei rifiuti plastici da parte del cittadino che spesso li abbandona nell'ambiente dove rimangono per periodi di tempo che possono arrivare a centinaia di anni.

Di tutto il petrolio estratto nel mondo, circa un 8% viene utilizzato per la produzione della plastica. La produzione annuale di plastica ammonta a circa 240 milioni di tonnellate, ma di queste soltanto il 3-5% viene riciclato.

Quasi il 90 % del rifiuto galleggiante in mare è costituito da plastica e la quasi totalità di questo materiale arriva da terra, spinto dal vento. Si stima inoltre che sia finito in mare il 5% di tutta la plastica prodotta dagli anni Cinquanta in poi.

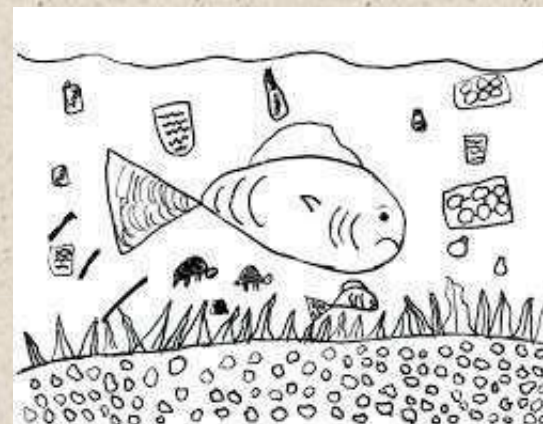
Great Pacific Garbage Patch



Great Pacific Garbage Patch

- Il Pacific Trash Vortex nota anche come grande chiazza di immondizia del Pacifico è un enorme accumulo di spazzatura galleggiante (composto soprattutto da plastica) situato nell'Oceano Pacifico, approssimativamente fra il 135° e il 155° meridiano Ovest e fra il 35° e il 42° parallelo Nord.
- La sua estensione non è nota con precisione: le stime vanno da 700.000 km² fino a più di 10 milioni di km²
- L'accumulo si è formato a partire dagli anni Cinquanta e si è localizzato prevalentemente nell'Oceano Pacifico , a causa dell'azione della corrente oceanica, dotata di un particolare movimento a spirale in senso orario, che permette ai rifiuti galleggianti di aggregarsi fra di loro formando una enorme "nube" di spazzatura presente sulla superficie oceanica. Secondo alcuni dati nell'area potrebbero essere accumulati milioni di tonnellate di detriti di plastica.
- Questo accumulo informalmente viene chiamato con diversi nomi, tra cui *Isola orientale di Immondizia* o *Vortice di Pattume del Pacifico*.





I littering è un crescente malcostume che vede i rifiuti gettati o abbandonati con noncuranza nelle aree pubbliche invece che negli appositi bidoni o cestini dell'immondizia.

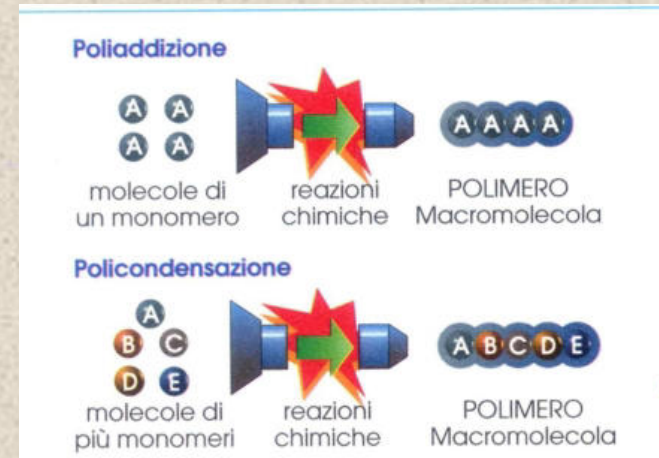
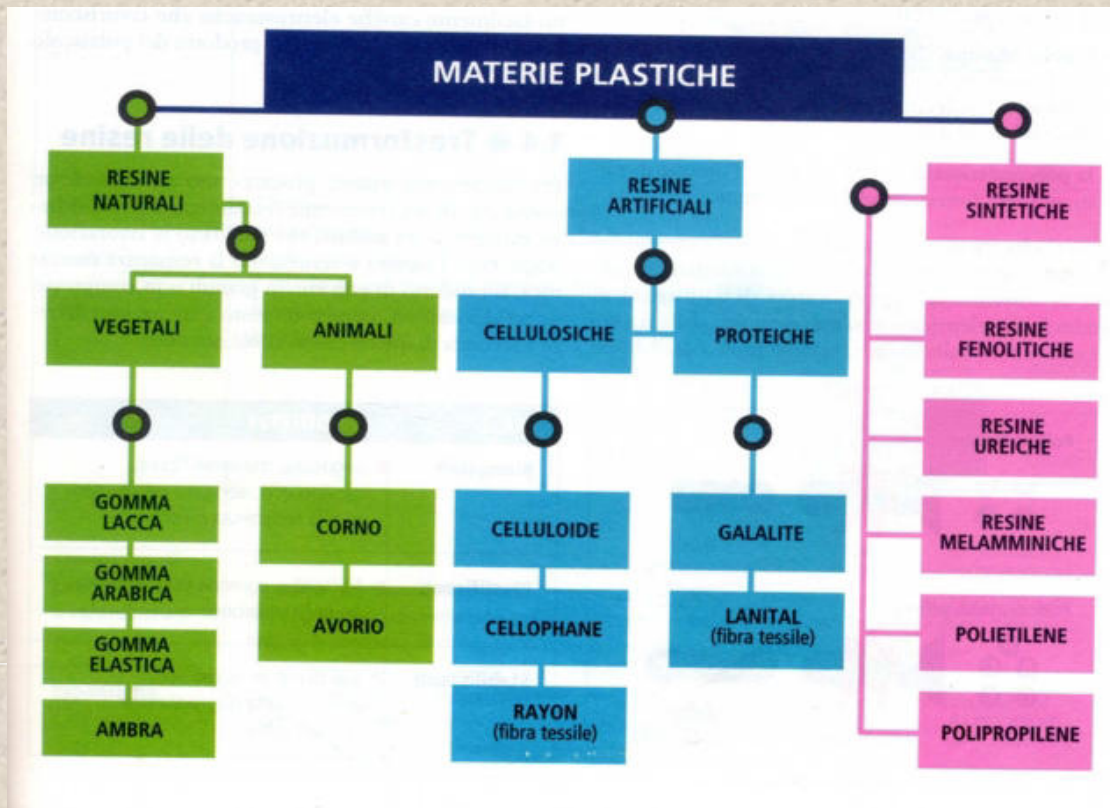


LE BIOPLASTICHE

Negli ultimi anni la ricerca scientifica ed industriale ha cercato strade alternative ai polimeri “classici”, attraverso lo studio e la creazione delle così dette bioplastiche o biopolimeri. **Esse sono matrici derivate principalmente da zuccheri e dai loro polimeri.** Proprio grazie a questa loro derivazione (di fatto sono costituiti dagli stessi composti di cui è fatta una pianta o un essere vivente in generale) possono essere **degradati facilmente e in tempi rapidi**. Le principali famiglie di biopolimeri presenti oggi sul mercato derivano tutte da fonti rinnovabili e comprendono i polimeri derivati dall'amido, il poliestere derivato dall'acido polilattico (PLA) e quello derivato dai Poli-idrossialcanoati (PHA) e i polimeri cellulosici. La bioplastica più comunemente nota e diffusa sul mercato (anche per il suo costo relativamente basso) è quella derivante da **amido ricavato dal mais, dal frumento, dalla patata, dalla tapioca e dal riso**.

Il termine biodegradabile si riferisce alla proprietà di quelle sostanze che una volta rilasciate nell'ambiente vengono degradate, ovvero scomposte e assimilate a seguito dell'attività biologica dei batteri saprofiti, naturalmente presenti in un determinato ecosistema naturale, che si nutrono delle sostanze organiche tratte dai residui di altri organismi. Quindi affinché un composto possa essere considerato biodegradabile è necessario che sia realizzato utilizzando sostanze di origine naturale (principalmente vegetale) al fine di poter essere facilmente degradato. Tale processo è alla base del turnover della materia organica, che si esplica quando i resti di un vegetale o di un animale morto vengono prima frantumati dai così detti organismi detritivori (piccoli vertebrati presenti nel terreno oppure piccoli crostacei presenti negli ambienti acquatici) con un aumento della superficie esposta all'azione enzimatica, favorendo quindi la degradazione batterica.

I resti vegetali/animali vengono quindi scomposti dai batteri in componenti molecolari più semplici. Questi ultimi vengono infine utilizzati dai vegetali per la sintesi della sostanza organica attraverso il processo di fotosintesi.



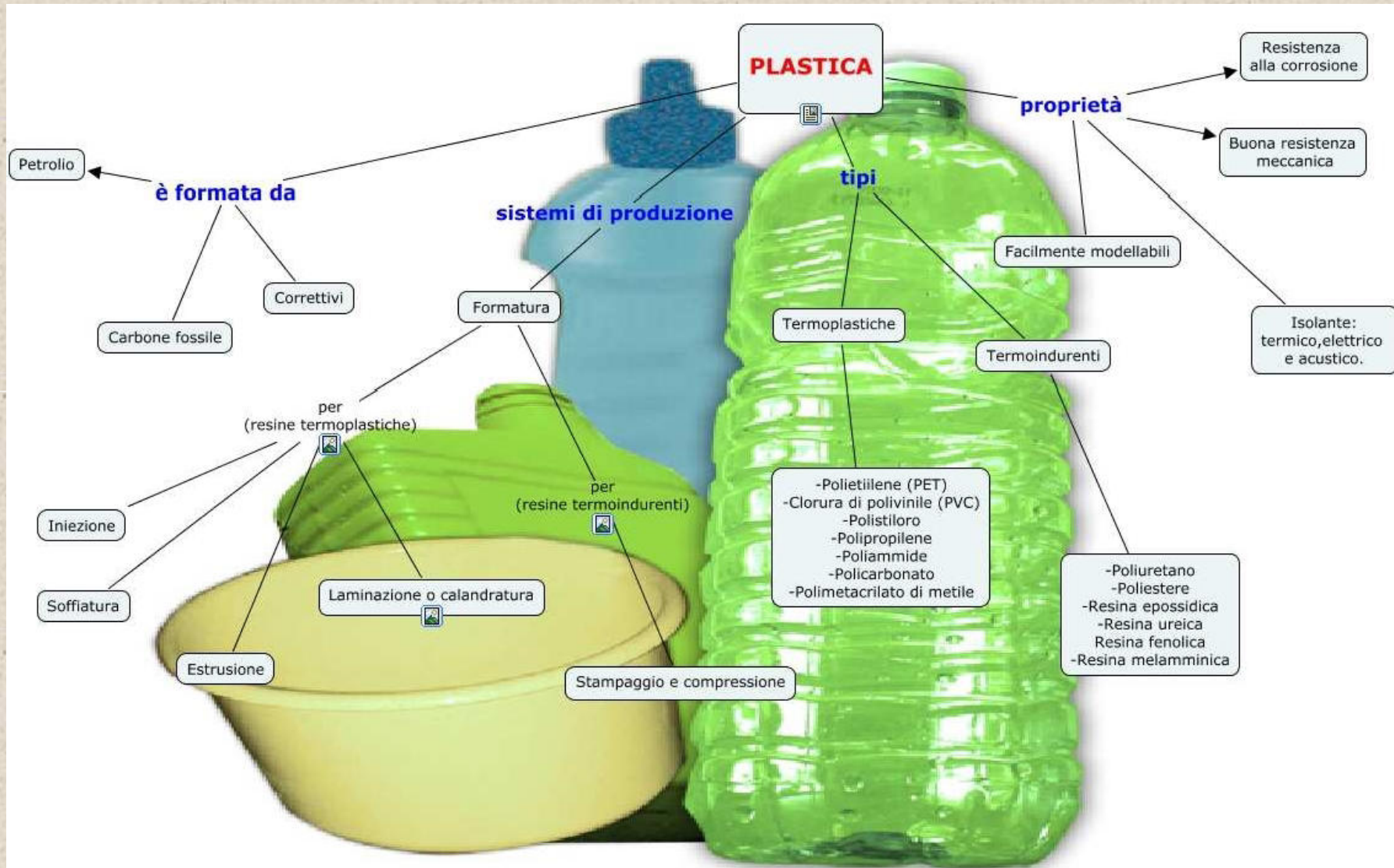
Le materie plastiche sintetiche si ricavano da derivati del petrolio con un processo di polimerizzazione, per cui molecole di piccole dimensioni (monomeri) si legano tra loro dando origine a composti (polimeri) dalle proprietà fisico-chimiche diverse. Le molecole possono raggrupparsi secondo schemi diversi, per esempio in lunghe file orinate, oppure a reticolo o a elica.

Il processo di polimerizzazione può avvenire con reazioni di poliaddizione o di policondensazione.

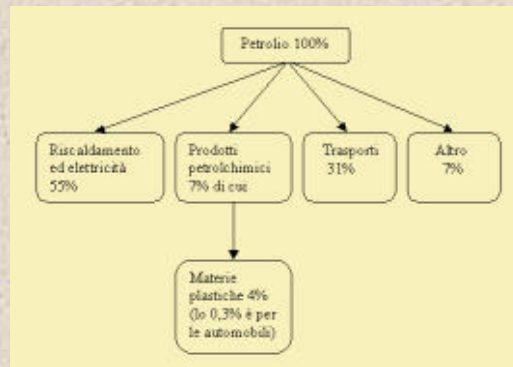
Se i polimeri ottenuti con questi processi sono formati da molecole concatenate linearmente si ottengono le **resine termoplastiche**.

Se invece sono formate da molecole a tre dimensioni si ottengono le **plastiche termindurenti**.

Le materie plastiche



Le materie plastiche: composizione



Le sostanze di base per la composizione della plastica sono:

- **Petrolio**, che subisce un processo di *cracking*, con bruschi cambiamenti di temperatura, per spezzare polimeri degli idrocarburi in monomeri, *virgin nafta*.
- **Carbone**, trattato fino ad essere ridotto in monomeri semplici.
- **Gas naturale**, che è una molecola semplice.
- **Cellulosa**, la cui lunga e complessa molecola viene spezzata in monomeri semplici.



Le materie plastiche possono essere suddivise in:

termoplastiche; Le termoplastiche possono essere riscaldate e formate un numero illimitato di volte, purchè la temperatura di riscaldamento sia inferiore a quella di decomposizione del materiale.

termoindurenti; Le termoindurenti, una volta raffreddate e indurite, non possono più essere riscaldate e formate: l'azione del calore provocherebbe delle reazioni chimiche tali da causare l'indurimento permanente del materiale.

elastomeri (o gomme). Gli elastomeri possono essere di origine naturale (caucciù) o sintetica. Sono caratterizzati da una grande elasticità, che li rende adatti ad assorbire, deformandosi, le sollecitazioni meccaniche.

Additivi

I polimeri termoplastici, come i termoindurenti e gli elastomeri, vengono sempre miscelati per scopi diversi con vari tipi di sostanze e materiali additivi per renderli più resistenti alle aggressioni ambientali, alle degradazioni provocate dall'ossidazione, dall'ozono, dalla temperatura, dall'ossigeno, dalle radiazioni luminose, specialmente quelle ultraviolette, da muffe, batteri e umidità, e per incrementarne le caratteristiche di resistenza meccanica, termica ed elettrica.

Le sostanze maggiormente impiegate sono **cariche (inerti o rinforzanti), additivi plastificanti, coloranti, stabilizzanti, lubrificanti e antifiama.**

Come *cariche* si utilizzano farine di legno e di roccia, creta, caolino, grafite, fibre di vetro, fiocchi di cotone, juta o lino, pasta di cellulosa, etc. Le cariche inerti servono per influenzare le proprietà di scorrimento e il ritiro delle resine, mentre quelle rinforzanti, dette anche riempitive, per aumentarne la resistenza meccanica, la rigidità e la resistenza alle deformazioni termiche e per rendere meno costoso il prodotto finito riducendo il consumo della resina stessa.

I *plastificanti* sono prodotti chimici complessi a bassa tensione di vapore, insolubili nei liquidi e chimicamente stabili, che si inseriscono tra le catene molecolari riducendone le forze di attrazione fisica e aumentandone la mobilità. In questo modo viene incrementata la flessibilità e la plasticità della resina in fase di lavorazione e la resistenza agli urti del prodotto durante l'impiego.

I *coloranti*, solubili o insolubili, sono sostanze organiche o inorganiche in forma di polveri sottilissime che conferiscono al polimero la colorazione desiderata; i coloranti solubili mantengono la trasparenza della plastica, mentre quelli insolubili (pigmenti) la ricoprono rendendola opaca.

Gli *stabilizzanti*, essendo la plastica, come si è accennato, particolarmente sensibile all'azione degradante della luce, delle radiazioni UV e del calore, hanno la funzione di contrastare tali effetti dannosi aumentandone la resistenza. Sono costituiti da sali organici o inorganici di cadmio, bario o piombo.

I *lubrificanti e gli antiadesivi* sono sostanze che agevolano la lavorazione delle materie plastiche, migliorandone le caratteristiche di scorrimento. Nello stampaggio aiutano il distacco della massa polimerica formata. Sono costituiti da stearati di calcio o magnesio.

Gli *antifiamma* hanno la funzione di raffreddare o di proteggere il materiale in caso di incendio impedendo l'ossidazione dei gas infiammabili o formando uno strato di cenere.

I *solventi* sono impiegati per effettuare diverse lavorazioni, come la formatura, la spalmatura, la spruzzatura. Oltre a quelli menzionati, possono essere impiegati anche altri additivi per incrementare la resistenza della plastica all'attacco di funghi e batteri, per conferirle proprietà antistatiche, per aumentare il volume della massa polimerica.

Proprietà delle materie plastiche

- **Combustibilità**
- In caso di incendio alcuni polimeri non propagano la fiamma ma si deteriorano anche a basse temperature, mentre altri si infiammano facilmente; una caratteristica questa da valutare attentamente quando si vogliono impiegare polimeri nei rivestimenti edilizi e negli arredi. Oltre all'infiammabilità, sono da considerare altri fattori, quali la propagazione di gas tossici, la produzione di fumi densi e la formazione di prodotti che possono deteriorare altri materiali. L'infiammabilità delle materie plastiche può comunque essere attenuata da adeguati mezzi di protezione.
- **Resistenza meccanica**
- Le proprietà meccaniche delle materie plastiche non sono confrontabili con quelle della maggior parte dei materiali da costruzione, in quanto i valori dei moduli di elasticità sono sempre molto bassi. Inoltre, alcuni fattori hanno una forte influenza sul comportamento del materiale, come, per esempio, la temperatura e il tempo: aumentando la temperatura diminuisce sensibilmente la resistenza a trazione delle plastiche, mentre si riduce drasticamente nel caso di applicazioni dei carichi per lungo tempo.
- **Dilatazione termica**
- Gran parte delle materie plastiche ha un coefficiente di dilatazione termica maggiore di quello dei metalli. Di conseguenza, nei casi di impieghi delle plastiche in ambienti con variazioni sensibili e frequenti di temperatura, è necessario mettere in atto determinati accorgimenti tecnici, come ad esempio i giunti di dilatazione, per far fronte agli allungamenti delle resine.

- ***Resistenza agli agenti chimici e atmosferici***

- La resistenza alle aggressioni chimiche delle materie plastiche è in genere buona; il cloruro di polivinile, il PTFE e la sua variante, l'ETFE, il polietilene e il polipropilene risultano particolarmente resistenti all'attacco di acidi e di alcali.
- Tutte le materie plastiche sono però soggette ad invecchiamento, a un processo lento di degradazione per effetto della luce del sole, soprattutto delle radiazioni ultraviolette, del calore e dell'ossigeno.

- ***Permeabilità alla luce***

- La permeabilità alla luce è una delle caratteristiche più rilevanti dei materiali polimerici amorfi e puri. Essi possiedono un grado di trasmissione della trasmissione luminosa simile a quello del vetro. Per questa proprietà, oltre che per la leggerezza, sostituiscono spesso il vetro.

- ***Conducibilità termica***

- Tra le caratteristiche termiche dei polimeri è da considerare soprattutto la conducibilità, il cui valore, pur variando da resina a resina in ragione della sua natura e densità, è sempre molto basso. Per questa ragione molti polimeri sono impiegati in edilizia come isolanti

LAVORAZIONI DELLE MATERIE PLASTICHE

```
graph TD; A[LAVORAZIONI DELLE MATERIE PLASTICHE] --> B[TERMOINDURENTI]; A --> C[TERMOPLASTICHE]; B --> D["• stampaggio per compressione diretta<br>• stampaggio per trasferimento"]; C --> E["• formatura per immersione<br>• formatura per colata<br>• formatura per spalmatura<br>• formatura per soffiatura<br>• stampaggio per iniezione<br>• formatura per decompressione<br>• formatura per estrusione<br>• laminazione o calandratura<br>• formatura rotazionale"]
```

TERMOINDURENTI

- stampaggio per compressione diretta
- stampaggio per trasferimento

TERMOPLASTICHE

- formatura per immersione
- formatura per colata
- formatura per spalmatura
- formatura per soffiatura
- stampaggio per iniezione
- formatura per decompressione
- formatura per estrusione
- laminazione o calandratura
- formatura rotazionale

La lavorazione delle resine termoindurenti

Nella lavorazione delle resine termoindurenti, le reazioni di polimerizzazione vengono interrotte a uno stadio incompleto, in modo che il materiale possa ancora essere plasmato nella fase di formatura. Le reazioni di polimerizzazione vengono poi completate con un successivo riscaldamento fino all'indurimento irreversibile. Il processo di formatura può avvenire attraverso due diverse tecniche di stampaggio:

- stampaggio per compressione diretta: utilizzato per la formatura delle resine *fenoliche*, *ureiche* e *melamminiche*. Si articola nelle fasi di *caricamento della polvere da stampaggio*, *riscaldamento*, *compressione*, *degasaggio* e, infine, di *formatura*;
- stampaggio per trasferimento: è un sistema di formatura misto tra lo stampaggio per compressione e la formatura per iniezione utilizzata per le resine termoplastiche. Richiede uno stampo più complesso, con la matrice divisa in due parti: una inferiore nella quale è ricavata l'impronta dell'oggetto da formare e una superiore contenente la *camera di caricamento* della polvere da stampaggio.

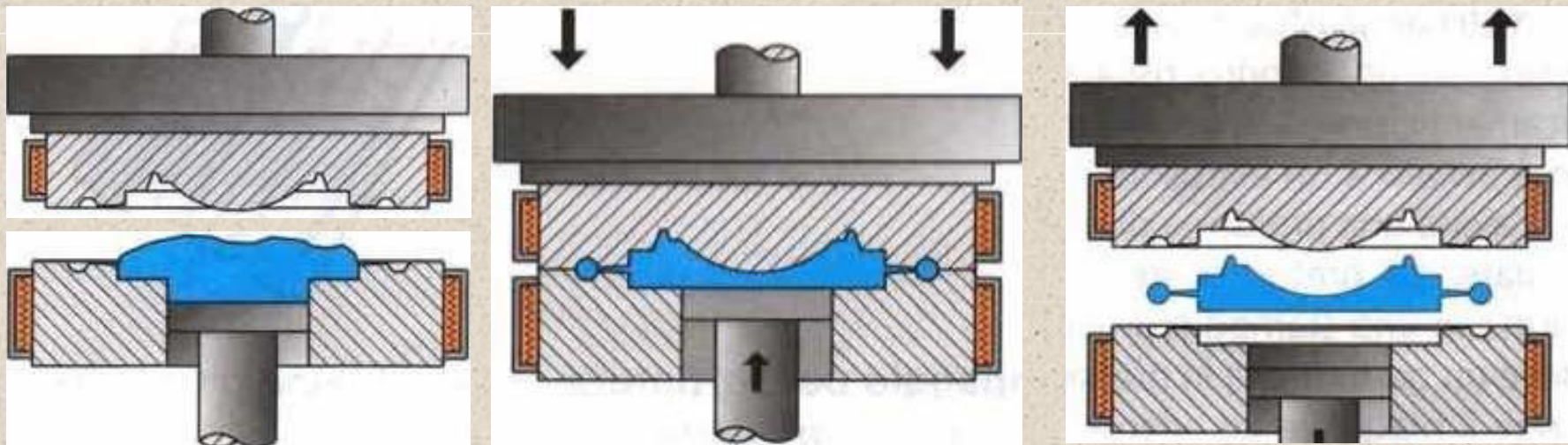


Parte mobile (matrice) e parte fissa (punzone) di uno stampo per iniezione termoplastica del rivestimento interno dello sportello baule per un'auto.

Stampaggio a caldo

Le materie plastiche sono caratterizzate da un'ottima lavorabilità che rende possibile la realizzazione di oggetti di forma anche complessa a costi molto contenuti.

Le resine termoindurenti, eventualmente mescolate a riempitivi, vengono riscaldate e compresse in stampi, generalmente del tipo aperto. Dopo lo stampaggio il materiale, raffreddandosi, solidifica e indurisce. In genere l'unica operazione richiesta per ottenere il pezzo finito è la rimozione della sbavatura.



Lavorazione delle resine termoplastiche



ne termoplastiche, le reazioni di polimerizzazione vengono completate prima della
gono riscaldati esclusivamente per rendere malleabile il materiale.

di *formatura*:

ne: avviene immergendo l'oggetto da rivestire nella resina fusa a $60\div 120$ °C;

resina fluida viene colata all'interno di stampi metallici che, dopo il raffreddamento,
e gli oggetti;

ra: consiste nello spalmare con appositi rulli la resina fluida sulle superfici di materiali
tessuti); si ottengono così finte pelli, nastri trasportatori ecc.;

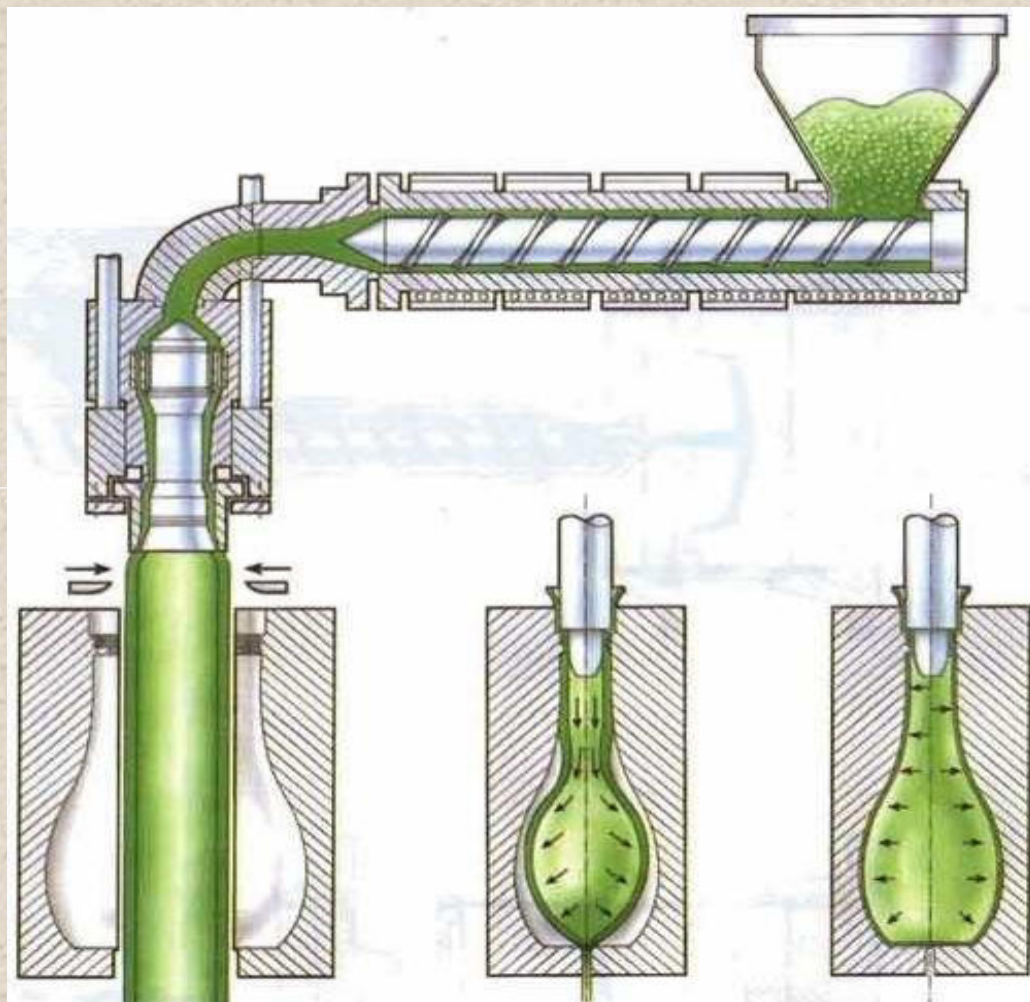
: utilizzata per produrre corpi cavi (come bottiglie, fustini, bombole) consiste nel
e di resina di forma cilindrica con un getto d'aria sotto pressione, fino a farla aderire
la produzione di oggetti cilindrici è realizzata facendo precedere la fase di soffiatura
per la realizzazione del tubo di alimentazione alla soffiatura.

consiste nell'iniettare a pressione dentro uno stampo freddo la resina preriscaldata;
si può ottenere con grande precisione la forma voluta

- • formatura per decompressione: si usa per ricavare elementi (lastre e fogli) di forma complessa; si riscalda il foglio di plastica aspirando l'aria attraverso minuscoli fori praticati sul fondo dello stampo fino a ottenere la completa adesione del foglio alla superficie dello stampo;
- • formatura per estrusione: consiste nel far passare attraverso una filiera dotata di fori sagomati secondo il profilo che si vuole ottenere la resina riscaldata, per renderla sufficientemente fluida; con questa tecnica vengono realizzati tubi e barre;
- • laminazione o calandratura è il sistema adottato per ottenere fogli e lastre sottili continue; consiste nel far passare il materiale attraverso una serie di rulli caldi, che pressano la resina fino a raggiungere lo spessore voluto dei fogli finiti. Con il processo di laminazione si ottengono lastre piane, con il processo di calandratura lastre ondulate;
- • formatura rotazionale: è un processo tecnologico che permette di produrre corpi cavi in un solo pezzo senza necessità di saldature. Con questa lavorazione si ottengono pezzi privi di tensioni interne e con spessore uniforme. La particolarità di questa tecnica consiste nel fatto che lo stampo ruota secondo due assi: uno primario, a direzione fissa, e uno secondario, a direzione variabile. Grazie ai due movimenti il polimero investe tutte le superfici interne dello stampo, le quali, una volta scaldate in forno, fondono il polimero che vi aderisce sopra ricoprendole. Possono così essere stampati oggetti anche di grosse dimensioni con contorni molto complicati.

- • Espansione
- Gli espansi da materiali polimerici, come il polistirolo espanso vengono ottenuti:
 - - aggiungendo al polimero un agente espansore, e innalzando la temperatura;
 - - reticolando il materiale che liberando gas causa l'espansione.
- Per i materiali termoplastici questo processo viene innescato aumentando la temperatura, infatti come agenti di espansione vengono usati materiali o idrocarburi che volatilizzano a temperature non elevate (per esempio si usa il tricloroetilene caratterizzato da un punto di ebollizione di 87°C).
- La massa di materiale viene fatta espandere liberamente oppure in uno stampo.
- L'utilizzo del fluoro-clorurato, materiale particolarmente adatto a tale processo, è stato sospeso a causa dei danni che provoca all'ozono della stratosfera.

Formatura per soffiatura

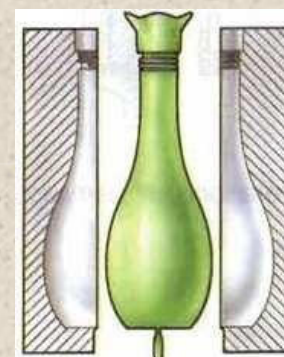


Stampaggio per soffiatura
E' utilizzato per produrre oggetti cavi

Fusione, omogeneizzazione del materiale, estrusione della preforma

Formatura con aria compressa

Raffreddamento

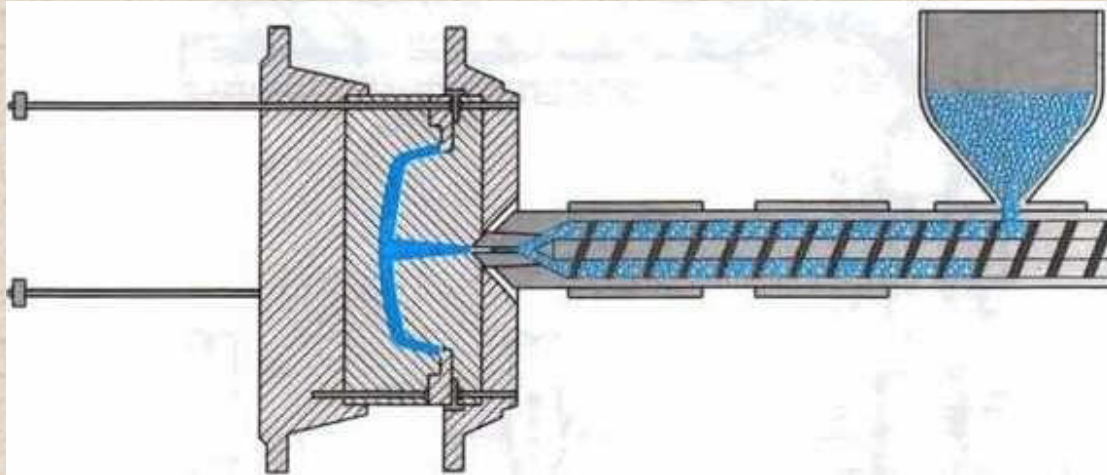


Apertura

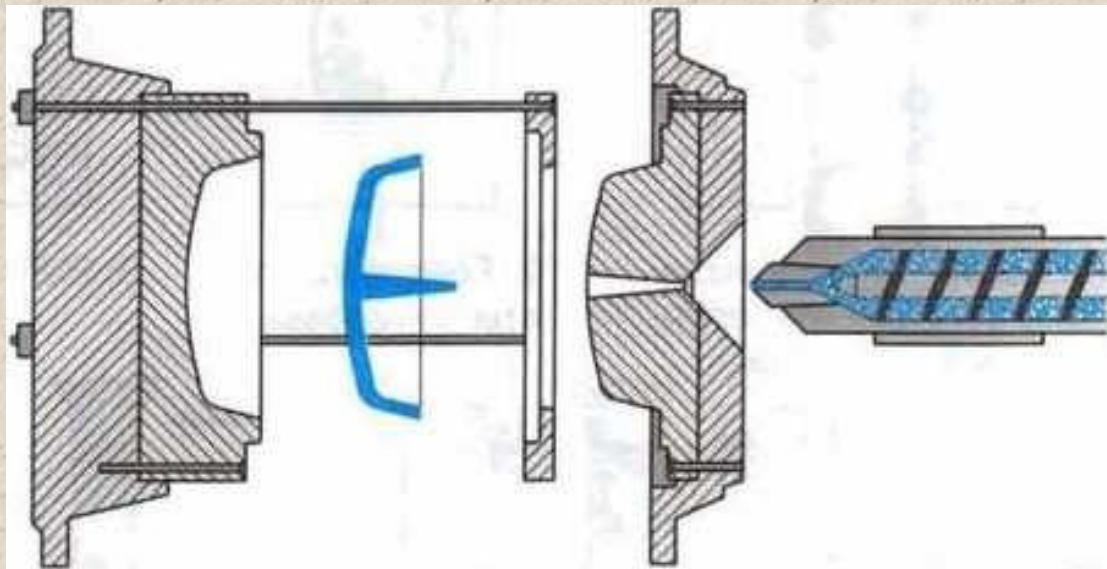


Sbavatura

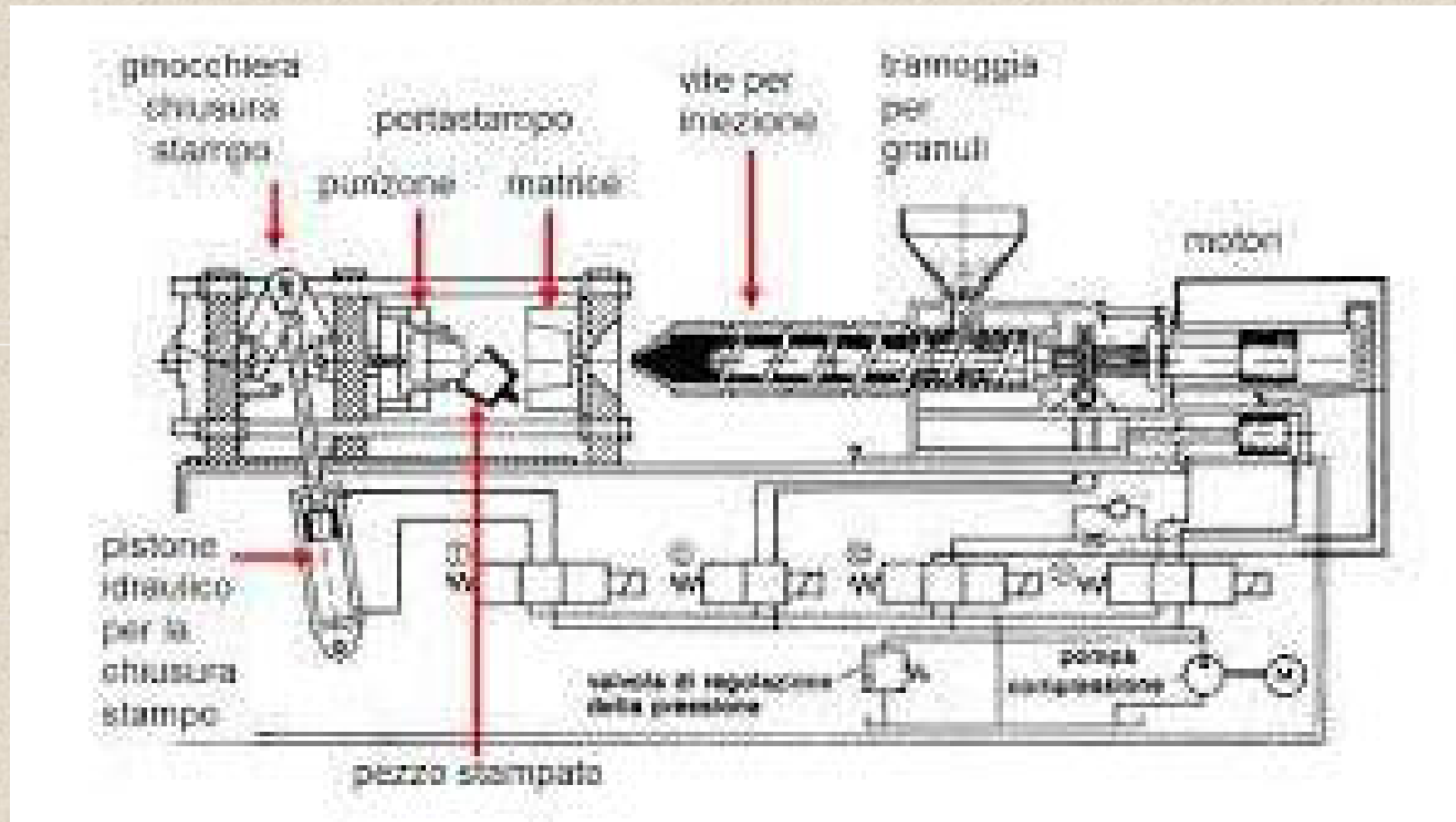
Stampaggio a iniezione

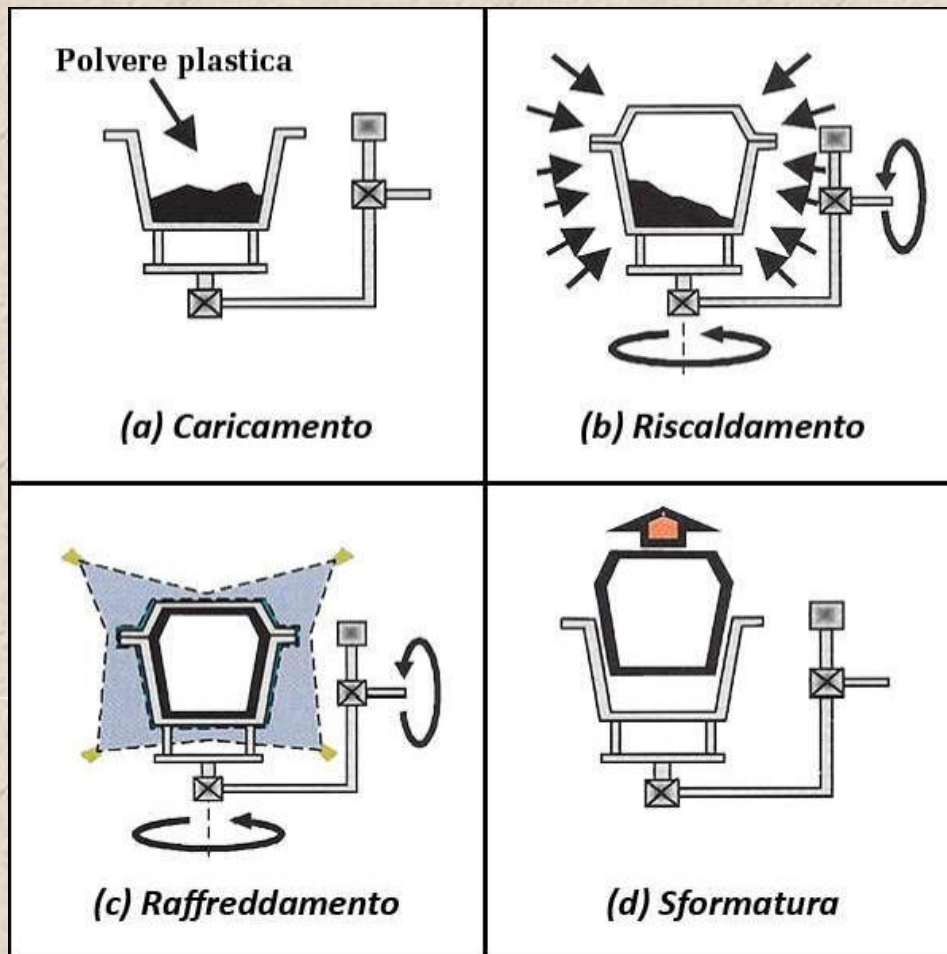


Il materiale plastico in forma granulare è introdotto in un cilindro riscaldato nel quale, allo stato fuso, viene trasportato da una vite (o da un pistone) e iniettato in uno stampo scomponibile. Dopo l'iniezione e la solidificazione, il pezzo viene estratto.



Stampaggio a iniezione





Formatura rotazionale

Schema dell'apparecchiatura utilizzata per lo svolgimento dello stampaggio rotazionale lungo due assi di rotazione. Sono illustrate le diverse fasi del processo:

- Carica della polvere nello stampo;
- lo stampo, con il materiale all'interno, viene fatto ruotare e riscaldare;
- raffreddamento dello stampo;
- lo stampo viene aperto, viene espulso il pezzo ottenuto e viene caricato altro materiale nello stampo, in modo da ripetere il ciclo produttivo.



Il riciclaggio delle materie plastiche

Le principali tecniche di riciclaggio delle materie plastiche sono le seguenti:

- riciclo meccanico;
- riciclo chimico;
- termovalorizzazione.

Il Riciclo Meccanico

Il riciclo meccanico consiste nella **lavorazione meccanica di oggetti in plastica , raccolti come rifiuto, che diventano così materia prima-seconda per la produzione di nuovi oggetti.**

Il riciclo meccanico, rappresenta una delle possibili vie di valorizzazione dei polimeri termoplastici. Il riciclo meccanico è una possibile via di valorizzazione che implica minimi requisiti di lavorabilità del materiale.

La qualità dei prodotti ottenuti sarà fortemente dipendente dalla qualità della selezione operata sul prodotto di riciclo . L'industria del settore tenta di migliorare continuamente, per questo motivo, le tecniche di selezione dei materiali di riciclo. Questo con particolare riferimento ai prodotti post- consumo al fine di ottenere frazioni sempre più "pulite" di materiali omogenei. D'altra parte il riciclo meccanico degli sfridi di lavorazione, ovvero dei termoplastici provenienti dal circuito industriale, è una attività consolidata da tempo.

A seconda della tipologia di rifiuto plastico recuperato, e avviato al processo di riciclo meccanico, si possono ottenere:

- dai polimeri termoplastici macinati, granuli o scaglie da utilizzare nella produzione di nuovi manufatti;
- dai polimeri termoindurenti macinati, delle frazioni di materiale utilizzabili come cariche inerti nella lavorazione di polimeri termoindurenti/termoplastici vergini, o riempitivi per altri prodotti poiché non possono essere rilavorati essendo infusibili.

La raccolta

La raccolta di materiale riciclabile può avvenire secondo diverse modalità:

- raccolta di un singolo materiale;
- raccolta di una famiglia di materiali;
- raccolta indifferenziata;

In base anche alla scelta della modalità di raccolta varierà la **qualità** del prodotto riciclato.



Il riciclo **eterogeneo**

Il riciclo eterogeneo viene effettuato attraverso la lavorazione di un **materiale misto contenente PE , PP, PS, PVC** (film in PE alta e bassa densità, film in PP, taniche, vaschette, big bags, barattoli, reggette e retine). In questo materiale eterogeneo **può essere presente, anche se in quantità minime, PET (contenitori per liquidi), inerti, altri imballaggi, metalli.**

In questo processo vi è una prima **separazione morfologica e dimensionale seguita da una magnetica per separare eventuali frazioni estranee** che potrebbero creare problemi in fase di lavorazione. Queste separazioni vengono eseguite in base alla lavorazione e al prodotto che si vuole realizzare.

Successivamente il riciclo procede secondo tre fasi:

- **triturazione**, frantumazione grossolana del materiale
- **densificazione**
- **estrusione.**

In base alla lavorazione e al prodotto che si vuole ottenere, si potranno eseguire tutte le fasi o solamente in parte: ad esempio si potrà tritare il materiale e successivamente densificarlo oppure, una volta tritato il materiale può essere direttamente estruso. Le difficoltà presenti nel riciclo eterogeneo sono legate alle differenti temperature di lavorazione dei polimeri miscelati.

Questo problema esclude la possibilità d'impiego di plastiche eterogenee per la realizzazione di prodotti di forma complessa e che presentano spessori minimi.

Riciclo omogeneo

La selezione

La **selezione permette di separare le diverse componenti del materiale da riciclare**: vengono **eliminati materiali non plastici, come alluminio o carta**.

La separazione può avvenire a mano o tramite macchinari.

Nel primo caso il materiale viene fatto scorrere su dei nastri per agevolare il lavoro degli operatori.

Il secondo caso è più complesso e si serve di più tecnologie quali:

-magneti industriali e separatori galvanici a corrente parassita, che vengono usati per eliminare eventuali residui ferromagnetici. Tali processi sfruttano le leggi sull'elettromagnetismo per cui un materiale ferromagnetico investito da un campo magnetico viene attratto o respinto;

-vagli a tamburo, vagli a disco o vibrovagli: consentono di dividere il materiale in base alla propria grandezza grazie a dei filtri opportunamente dimensionati;

- sistemi ottico-elettronici in grado di riconoscere i diversi materiali;

-separatori balistici: si sfrutta il principio per cui i diversi materiali, se lanciati ad alta velocità grazie ad un rotore, compiono diverse traiettorie. Così facendo i materiali più leggeri saranno raccolti in tramogge vicine, quelli più pesanti invece in tramogge lontane.

Triturazione

E' la prima operazione prevista nel riciclaggio meccanico. Il livello tecnologico raggiunto in questa fase ha permesso di poter disporre sul mercato di una vasta gamma di mulini che consentono di macinare pressoché tutti i tipi di manufatti, dal film, alle bottiglie, a pezzi stampati di grosse dimensioni. L'operazione della triturazione produce la frantumazione grossolana del materiale, portando lo stesso ad assumere dimensioni di pezzatura omogenea anche se irregolare. Il sistema di caricamento è in genere costituito da un ragno prensile oppure da un nastro trasportatore. A seguito della frantumazione il materiale subisce una considerevole riduzione del volume iniziale; questo è particolarmente evidente trattando corpi cavi, a profilo sia chiuso che aperto, in cui la riduzione del rapporto del volume è molto elevata.

Ai fini della processabilità del materiale trattato è importante garantire un certa omogeneità della pezzatura del prodotto. Questo si traduce in una un facile lavorabilità nella macchine che stanno a valle dell'impianto.

I problemi che si possono trovare in questa fase riguardano essenzialmente l'alimentazione. Trattando materiali morbidi ed elastici, quali ad esempio film e teloni, l'alimentazione, ovvero la produttività del tritурatore, risulta pressoché costante. Diversamente, la triturazione di materiali rigidi, può a volte comportare problemi in fase di alimentazione, in quanto gli uncini del gruppo macinante non riescono ad "agganciare" il manufatto.

Il lavaggio

Il lavaggio viene effettuato per eliminare le parti che potrebbero essere dannose alle successive lavorazioni. Il processo di lavaggio più utilizzato è costituito da un canale di acqua che scorre a velocità sostenuta, nel quale viene inserito il materiale da lavare. Il diverso peso dei componenti fa sì che i più pesanti si depositino sul fondo mentre i più leggeri proseguano la loro corsa lungo

il canale e quindi si abbina al processo di lavaggio anche quello di separazione.

Un'altra tecnica di lavaggio è quella rappresentata dall'eliminazione delle etichette e della colla nelle bottigliette o nei componenti stampati. In questo caso si ricorre all'utilizzo di soluzioni chimiche basiche.

Macinazione

Il prodotto proveniente dall'operazione di lavaggio viene convogliato in un mulino macinatore che ha lo scopo di ridurre ulteriormente la pezzatura del materiale. Questa operazione viene eseguita di solito per i manufatti rigidi (stampati). Per manufatti morbidi quali film e foglie la macinatura avviene dopo l'operazione di essiccamento. E' importante che il prodotto proveniente dal lavaggio non contenga parti metalliche o altro materiale che possa compromettere l'efficacia del mulino.

L'essiccamento

Dopo l'eventuale lavaggio il materiale plastico viene fatto essiccare. Un primo passaggio consiste nel centrifugare il materiale, poi lo si fa passare attraverso un getto di aria calda che permette di abbassare il grado di umidità al 2-3%. Una volta essiccato, il materiale viene portato in silos, muniti di agitatori che hanno il compito di omogeneizzare il prodotto.

Granulazione

E' questa la parte finale dell'impianto nel corso della quale si ottiene il granulo che verrà utilizzato per le successive applicazioni. Il materiale proveniente dai silos di stoccaggio viene alimentato in un estrusore munito di una piastra forata con fori del diametro finale di 2-4 mm. Il polimero fuso uscente dalla filiera può essere tagliato a distanza da una taglierina trasversale, dopo raffreddamento degli "spaghetti" (fili estrusi) in vasca ad acqua (taglio a freddo) o da un sistema di coltelli rotanti a contatto della filiera stessa, in ambiente ad acqua nebulizzata (taglio a caldo).



Il Riciclo chimico

I rifiuti plastici costituiscono una importante fonte per il recupero di materia e di energia. Allo stesso tempo, esistono difficoltà considerevoli a garantire uno smaltimento ambientalmente corretto e sostenibile, a causa principalmente degli elevati quantitativi da trattare e della diversità della natura chimica delle diverse famiglie di polimeri.

I processi termo-chimici di conversione per scarti plastici mirano a ottenere combustibili e chemicals alternativi a quelli di origine fossile, con vantaggi considerevoli per l'ambiente, quali, ad esempio il risparmio di fonti non rinnovabili in via di esaurimento, la riduzione delle emissioni di CO₂

nell'atmosfera, il contenimento del conferimento indiscriminato dei rifiuti in discarica.

Il riciclo chimico è rappresentato da una serie di processi chimici che decompongono il polimero nei monomeri d'origine.

Alcune plastiche (polimeri di policondensazione), per loro natura chimica, si prestano meglio a questo genere di trattamento. Il PET polietilentereftalato, le Poliammidi PA - comunemente identificate con il termine "nylon"- (es. PA 6, PA 66) ed i Poliuretani PUR possono essere efficacemente depolimerizzati.

I processi di decomposizione chimica mutano a seconda del reattore o del metodo utilizzato per la depolimerizzazione.

I processi attraverso cui è possibile operare questa forma di recupero di energia e di materia sono trattamenti termici grazie ai quali avviene il cracking delle catene polimeriche.

La termovalorizzazione

E' il processo con il quale vengono bruciati in generale i rifiuti, tra cui le plastiche, per produrre energia elettrica.

Con la termovalorizzazione si è in grado di ridurre al minimo il volume dello scarto. Il grosso problema di questa tecnica è rappresentato dalla tossicità dei fumi provocati dalla combustione. Severe norme (allegato 1 del DM 503/97) ne regolamentano le quantità massime. Le materie plastiche come del resto alcuni metalli contribuiscono ad innalzare notevolmente il livello di tossicità dei fumi.

I forni termovalorizzatori più utilizzati e più efficienti sono i forni a griglia mobile, che sono composti da una camera refrattaria nella quale è presente un suolo di combustione formato da griglie a gradini mobili. Uno spintore fa sì che il materiale avanzi verso i gradini inferiori mentre l'aria necessaria a completare il processo di combustione viene iniettata sia nel sottogriglia che nella camera di combustione. Le griglie presentano un' inclinazione solitamente comprese fra i 10-20 gradi e possono essere costituite anche da sei gradini. Vengono costruite in una speciale lega di acciaio al nichel-cromo capaci di sopportare temperature di esercizio che toccano i 1100°C.

Le cadenze produttive di questi forni sono molto elevate, infatti negli impianti più estesi si può arrivare a bruciare fino a 1000 tonnellate al giorno di materiale, con una potenza elettrica che arriva anche a 450 KWh per ogni tonnellata incenerita.

Le scorie, che rappresentano il 10-12% in volume e il 15-20% in peso dei materiali pre-combustione, vengono portate in discarica oppure, se rese inerti, come avviene in alcuni Paesi, vengono riutilizzate per usi civili come per esempio per i fondi delle strade.