

## 9

## MATERIE PLASTICHE

La maggior parte delle materie plastiche utilizzate nella produzione industriale è di origine sintetica. Vale a dire che questi materiali non esistono in natura: vengono ottenuti per mezzo di procedimenti chimici, partendo da prodotti naturali. Attraverso opportune reazioni chimiche le molecole semplici degli elementi di base (carbonio, ossigeno, azoto, idrogeno, zolfo, silicio, cloro, ecc.) vengono combinate in complessi macromolecolari disposti in "catene" più o meno lunghe. Queste grosse molecole (macromolecole) possono essere ottenute con due procedimenti diversi:

- condensazione: più molecole semplici, anche di specie diversa, si combinano tra loro liberando acqua,

alcol, ammoniaca, o altri prodotti. Una ulteriore reazione, analoga alla prima, è detta policondensazione e interessa i gruppi molecolari formati nella prima fase: essa darà origine ai gruppi macromolecolari.

- polimerizzazione: più molecole semplici, anche di specie diversa (copolimerizzazione), si combinano tra loro in presenza di un agente catalizzatore (calore, sostanza chimica, luce ultravioletta, ecc.). I prodotti così ottenuti si chiamano polimeri (o copolimeri).

Le materie plastiche possono essere suddivise in:

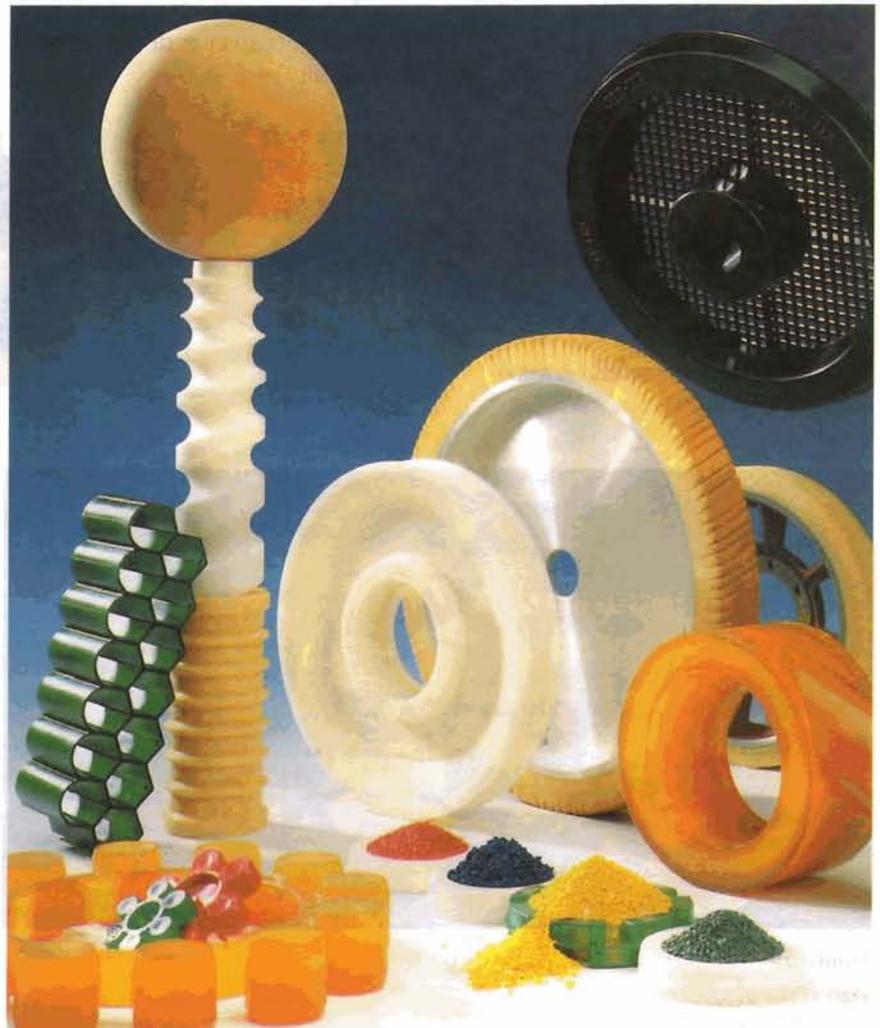
- termoplastiche;

- termoindurenti;
- elastomeri (o gomme).

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

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.

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.



**Figura 57**  
Materie plastiche.

Le proprietà particolari delle materie plastiche sono:

- leggerezza (bassa massa volumica);
- ottime capacità di isolamento termico ed elettrico;
- resistenza alla corrosione;
- ottima resistenza agli urti (alcuni materiali plastici sono addirittura infrangibili) e deformabilità;
- facilità di lavorazione.

Tra i loro svantaggi ricordiamo:

- l'attaccabilità da parte dei solventi (soprattutto le termoplastiche)

- e degli acidi (in particolare le termoidurenti);
- la scarsa resistenza a temperature elevate.

Le proprietà meccaniche, elettriche, chimiche, termiche delle materie plastiche possono essere valutate con numerosi tipi di prove unificate. Le materie plastiche sono diffusamente impiegate in tutti i settori industriali: industria chimica, meccanica, elettrica (componentistica, materiali isolanti), automobilistica (pneumatici, allestimenti interni, parti di

carrozzerie), industria dell'imballaggio, edilizia, impiantistica e arredamento. Fondamentale è la loro importanza nel settore tessile e dell'abbigliamento: dalle materie plastiche si ricavano infatti le fibre tessili sintetiche. Le fibre sintetiche, nelle varie tipologie, affiancano o sostituiscono in molti settori d'impiego le fibre naturali (lana, cotone, lino, ecc.). Nel seguito sono riportate le informazioni fondamentali relative ai tipi di materie plastiche più comuni.

▼ **RESINE TERMOPLASTICHE**

**Acrilonitrile-butadiene-stirene (ABS)**

Caratteristiche: rigidità, robustezza, resistenza agli urti, bassa carica elettrostatica.

Esempi d'impiego: componenti di carrozzeria, mobili, caschi, giocattoli.



**Figura 58**  
Tubazione per aria compressa in nylon (Spiralplast - Bologna).

**Acetato di cellulosa (CA)**

Caratteristiche: resistenza agli urti, agli oli minerali e alle benzine, trasparenza, resistenza all'usura, colorabilità.

Esempi d'impiego: pellicole cinematografiche, oggetti decorativi, componenti meccanici e di carrozzeria, fibre tessili.

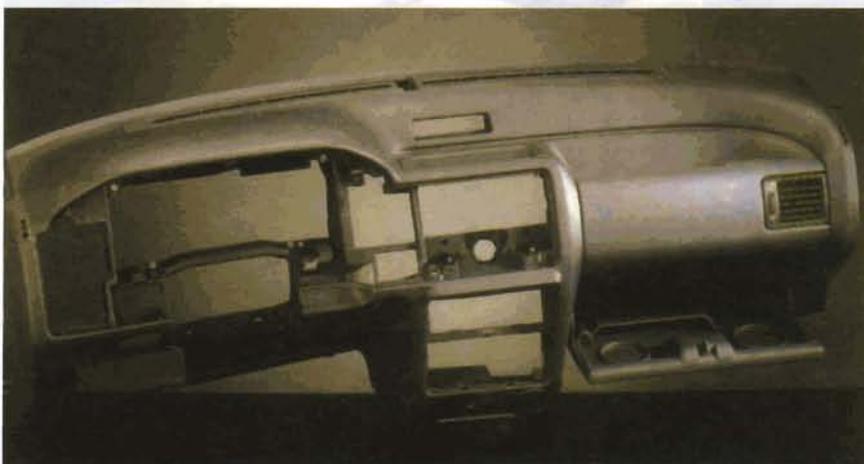
**Poliammide (PA)**

Caratteristiche: ottime proprietà meccaniche, chimiche, termiche, variabili a seconda delle varietà di prodotto.

Esempi d'impiego: fibre tessili (Nylon), tubazioni (Nylon e Rilsan), componenti meccanici, funi, guarnizioni, scatole.



**Figura 60**  
Completo per alpinismo in poliammide - Cordura (Salewa).



**Figura 59**  
Plancia per autoveicolo (Himont - Milano).

**Polimetacrilato di metile (PMMA)**

Caratteristiche: trasparenza, infrangibilità, durezza, resistenza all'abrasione, lavorabilità. Identificato anche con varie denominazioni commerciali (Plexiglas, Perspex, ecc.).

Esempi d'impiego: lenti, vetri di sicurezza, contenitori trasparenti, apparecchi ottici.

**Polietilene (PE)**

Caratteristiche: resistenza agli agenti chimici, impermeabilità, resistenza agli urti, alta resistività elettrica.

Esempi d'impiego: guaine isolanti per cavi elettrici, film trasparenti, imballaggi per alimenti, recipienti, pavimentazioni, rivestimenti.

**Polipropilene (PP)**

Caratteristiche: ottime proprietà meccaniche, resistenza al calore e all'abrasione, elasticità, alta resistività, insensibilità agli agenti chimici, lavorabilità, colorabilità. È noto anche come Moplen.

Esempi d'impiego: recipienti, elettrodomestici, fibre tessili, tubazioni per edilizia e impiantistica, guaine, componenti meccanici, pompe, oggetti per uso domestico, rivestimenti.

**Polistirene (SB)**

Caratteristiche: resistenza agli urti, leggerezza, sensibilità ai solventi, infiammabilità.

Esempi d'impiego: imballaggi, contenitori, protezioni antiurto, pannelli isolanti, elettrodomestici, oggetti d'arredamento.

**Polivinilcloruro (PVC)**

Caratteristiche: ottimo isolamento elettrico, resistenza al calore e alla corrosione. Può essere duro e fragile oppu-

re morbido ed elastico a seconda delle diverse tipologie (rigido o plastificato).

Tubazioni, serbatoi, recipienti per acidi, valvolame, rubinetterie, dischi microscolco, rivestimenti per mobili e autoveicoli (vinilpelle), isolanti, fibre tessili.

**Politetrafluoroetilene (PTFE)**

Caratteristiche: più noto come Teflon, ha eccezionali proprietà meccaniche, termiche, dielettriche e di resistenza agli agenti chimici. Antiaderente e autolubrificante, è il materiale con il più basso coefficiente d'attrito. A seconda delle diverse tipologie, può essere impiegato a temperature variabili da  $-240$  a  $+260$  °C.

Esempi d'impiego: organi meccanici, guarnizioni di tenuta, elementi di valvole e pompe, rivestimenti antiaderenti per pentolame, rivestimenti per cavi elettrici e tessuti tecnici (tipo GoreTex e simili), componenti elettrici, tubazioni.

**Figura 61**

*Tube flessibile rivestito in teflon (Du Pont - Ginevra).*

**▼ RESINE TERMOINDURENTI****Poliestere (UP)**

Caratteristiche: ottime proprietà meccaniche, fisiche ed elettriche, resistenza agli oli minerali e agli acidi.

Esempi d'impiego: fibre tessili, manufatti in vetroresina per l'industria automobilistica, navale e aeronautica. Stampi per imbutitura, isolanti elettrici.

**Resine fenoliche (PF)**

Caratteristiche: durezza, rigidità, buone proprietà di isolamento elettrico e termico. Le caratteristiche variano notevolmente in funzione degli additivi (cariche).

Esempi d'impiego: scatole per interruttori e prese di corrente, involucri per apparecchi elettrici e radiotelevisivi, pezzi meccanici di buona resistenza, pannelli per isolamento termico.

**Resine ureiche (UF)**

Caratteristiche: buone proprietà meccaniche e di isolamento elettrico. Resistenza al calore e ai solventi, durezza, rigidità, colorabilità.

Esempi d'impiego: isolanti elettrici, contenitori per elettrodomestici, interruttori, prese di corrente. Oggetti per uso domestico e arredamento. Collanti per legno, agglomeranti per fonderia, impermeabilizzanti per la carta.

**Figura 62**

*Pile in poliester (Salewa).*

### Resine melamminiche (MF)

Caratteristiche: durezza, rigidità, buone proprietà di isolamento elettrico. Resistenza all'abrasione, al calore, agli agenti chimici e all'umidità.

Esempi d'impiego: laminati per rivestimenti di mobili, calotte per spinte-rogeni, materiali per stampaggio.

### Resine poliuretaniche (PU)

Caratteristiche: buone proprietà meccaniche e di isolamento termico ed elettrico. Lavorabilità, leggerezza, resistenza agli agenti atmosferici. Le caratteristiche variano a seconda delle tipologie.

Esempi d'impiego: pezzi meccanici, contenitori, rivestimenti per cavi. Vernici e rivestimenti superficiali. Adesivi per materie plastiche, metalli, vetro. Pannelli per isolamento termico e acustico. Condotte per aeraulica.

### Resine epossidiche (EP)

Caratteristiche: ottime proprietà meccaniche e di isolamento elettrico, resistenza al calore e agli agenti chimici.

Esempi d'impiego: adesivi ad alta resistenza, stampi per imbutitura, modelli, trasformatori e rivestimenti di avvolgimenti elettrici. Vernici adesive, elastiche e resistenti all'abrasione.



**Figura 64**

Canale per aeraulica in poliuretano (P3 - Padova).



**Figura 63**

Mobili da cucina con rivestimento in melamina (Maya - Treviso).



**Figura 65**

Cartucce filtranti in poliestere (Balducci - Milano).

## ▼ ELASTOMERI (GOMME)

### Gomma naturale (NR)

Caratteristiche: ottime proprietà meccaniche, eccellente elasticità. Attaccabile dai solventi, poco resistente al calore.

Esempi d'impiego: articoli sanitari, guarnizioni, elementi antivibranti.

### Butadiene-stirene (SBR)

Caratteristiche: buona elasticità, resistenza a trazione, flessione e fatica.

Esempi d'impiego: pneumatici per autoveicoli, elementi antivibranti, ammortizzatori, guarnizioni di tenuta.



**Figura 66**

Pneumatico per auto (Toyo).

**Nitrilica (NBR)**

Caratteristiche: ottima resistenza agli oli, bassa resistenza agli agenti atmosferici.

Esempi d'impiego: articoli tecnici, membrane e guarnizioni di tenuta, componenti per impianti pneumatici e idraulici.

**Etilene-propilene (EPDM)**

Caratteristiche: resistenza agli agenti atmosferici, all'invecchiamento e alle basse temperature.

Esempi d'impiego: guarnizioni, O-ring, soffiotti di protezione.

**Cloroprenica (CR)**

Caratteristiche: buona resistenza al calore e agli oli lubrificanti.

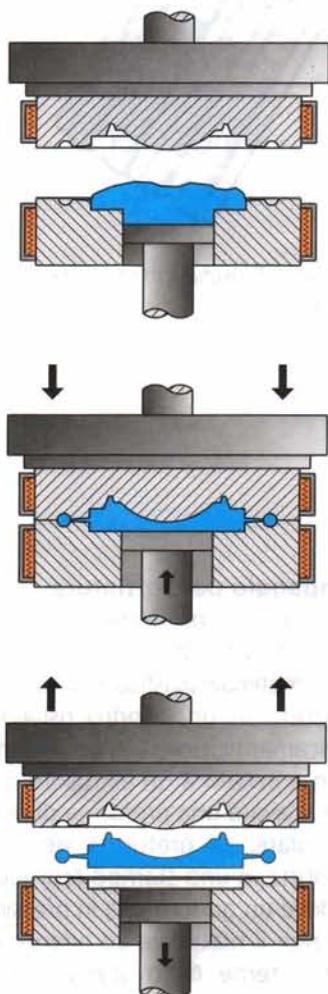
Esempi d'impiego: cinghie di trasmissione, guarnizioni e profili di tenuta, membrane elastiche.

**9.2****LAVORAZIONE DELLE MATERIE PLASTICHE**

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

I procedimenti di lavorazione più comuni sono:

- stampaggio a caldo;
- stampaggio a iniezione (iniettofusione);
- stampaggio o formatura a caldo;
- stampaggio per soffiatura.

**Figura 67**

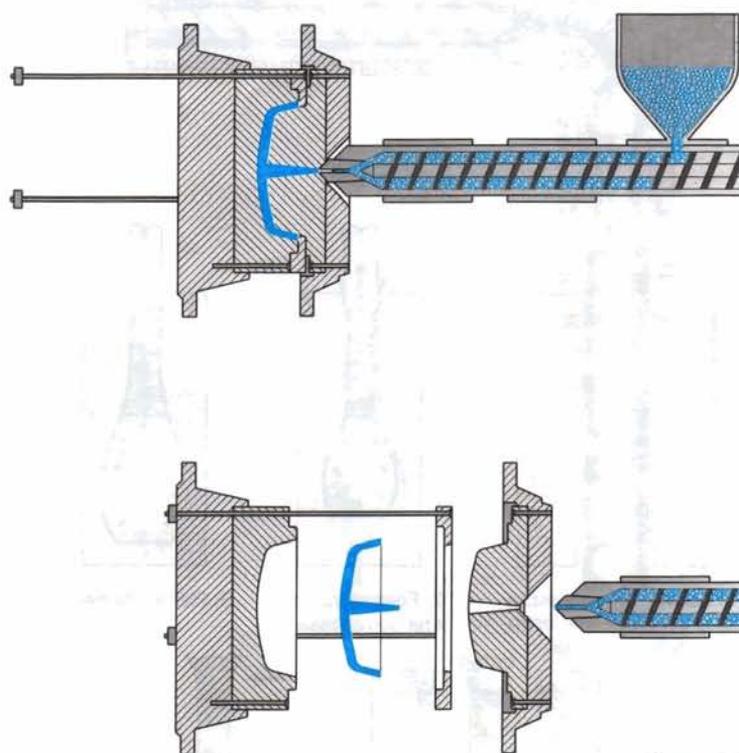
Lavorazione mediante stampaggio a caldo.

**Stampaggio a caldo**

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 sbavatura (fig. 67).

**Stampaggio a iniezione**

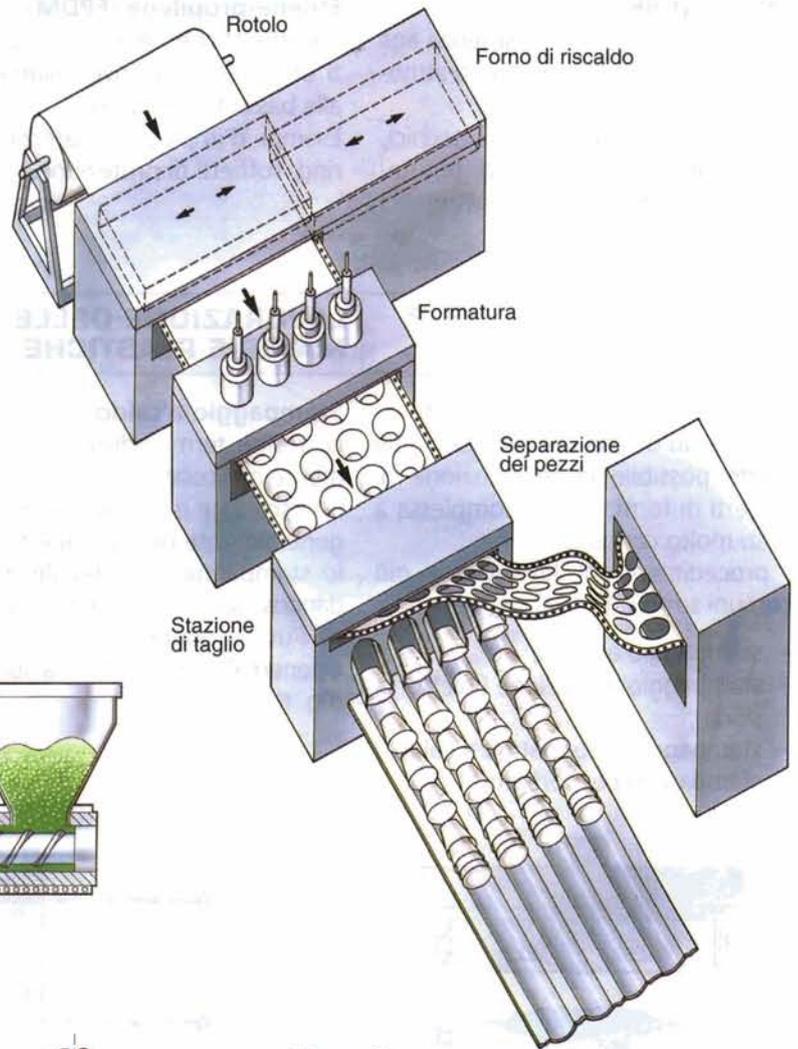
Il materiale plastico in forma granulare è introdotto in un cilindro riscaldato nel quale, allo stato fuso, viene trasportato da una vite (o da un pistone) e iniettato in uno stampo scomponibile. Dopo l'iniezione e la solidificazione, il pezzo viene estratto dallo stampo e sbavato (fig. 68).

**Figura 68**

Lavorazione per stampaggio a iniezione.

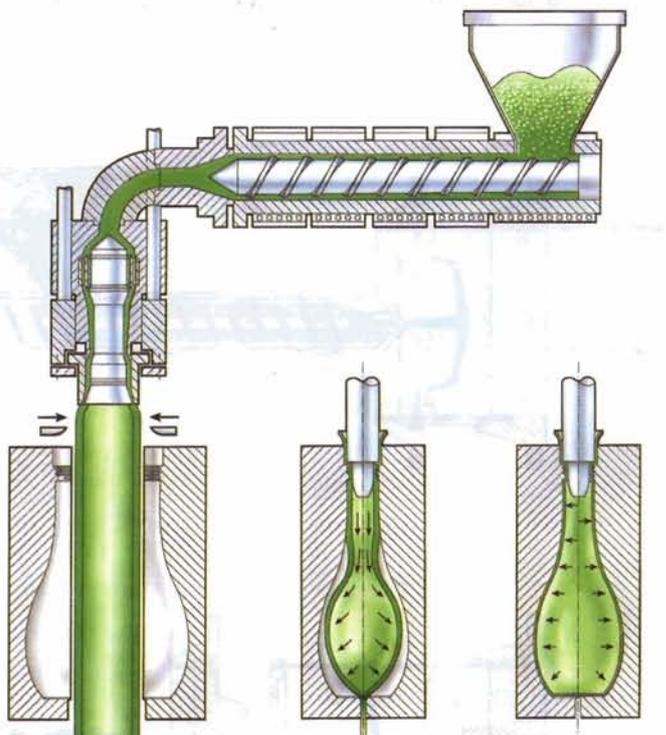
**Stampaggio o formatura a caldo**

È un procedimento molto usato per la produzione di contenitori per alimenti, recipienti, imballaggi. Il materiale di partenza è generalmente costituito da fogli sottili piani o in rotoli. La formatura si realizza riscaldando il materiale e comprimendolo in uno stampo che riproduce la forma del pezzo finito (fig. 69).



**Figura 69**

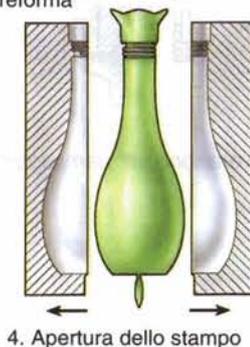
Formatura a caldo di bicchieri in materiale plastico (Himont - Milano).



1. Fusione, omogeneizzazione del materiale, estrusione della preforma

2. Formatura con aria compressa

3. Raffreddamento



4. Apertura dello stampo

5. Sbavatura del pezzo

**Figura 70**

Estrusione e stampaggio per soffiatura (Himont - Milano).

**Stampaggio per soffiatura**

È utilizzato per produrre oggetti cavi (recipienti, bottiglie, flaconi, fustini, ecc.). Il materiale plastico in grani viene introdotto in un cilindro riscaldato elettricamente, dove viene fuso, mescolato e inviato a un estrusore dove viene ricavata una preforma di sezione anulare. La preforma viene poi introdotta in uno stampo scomponibile dove un getto d'aria in pressione costringe il materiale ad aderire alle pareti interne dello stampo, assumendone la forma. Dopo il raffreddamento, il pezzo viene estratto dallo stampo e sbavato (fig. 70).

# Cenni di Chimica organica

## 1 INTRODUZIONE

Chimica organica Ramo della chimica che studia i composti del carbonio e le loro possibili reazioni. Il termine "chimica organica" fu introdotto nel 1777 per indicare propriamente la chimica dei composti prodotti da organismi viventi, ma attualmente l'intero settore comprende lo studio di una vasta gamma di sostanze, quali vitamine, proteine, carboidrati, grassi e materie plastiche, contenenti atomi di carbonio legati a uno o più elementi, come ossigeno, idrogeno, azoto, zolfo ed elementi del gruppo degli alogeni.

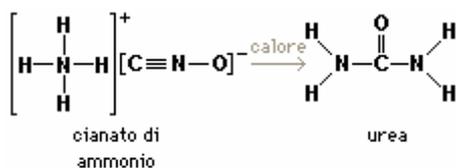


Figura 1

## 2 CARBONIO

Nell'orbitale più esterno, il carbonio ha quattro elettroni che può facilmente mettere in compartecipazione per formare un numero massimo di quattro legami. La proprietà più singolare dell'atomo di carbonio è comunque la capacità di condividere coppie di elettroni con altri atomi di carbonio, dando luogo alla formazione di legami omeopolari carbonio-carbonio. Questo comportamento unico è alla base della chimica organica in quanto permette la formazione di svariate strutture carbonio-carbonio lineari, ramificate, cicliche e a gabbia, completate eventualmente da idrogeno, ossigeno, azoto e altri elementi capaci di formare legami covalenti.

## 3 FORMULE ORGANICHE E NOMENCLATURA

La formula molecolare di un composto indica il numero di atomi di ciascun elemento contenuti nella molecola. Ad esempio, il fruttosio, di formula  $C_6H_{12}O_6$ , è una molecola formata da 6 atomi di carbonio, 12 di idrogeno e 6 di ossigeno.

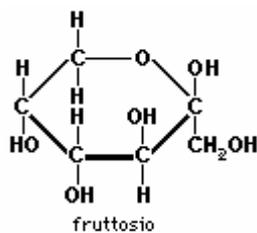
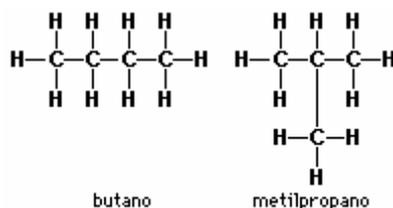


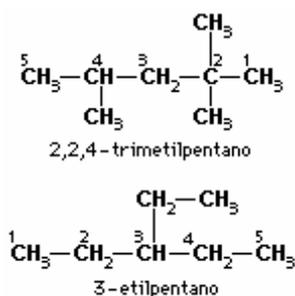
Figura 2

In chimica organica esistono numerosi composti che, pur avendo uguale formula molecolare, sono caratterizzati da una diversa distribuzione dei legami e sono di conseguenza notevolmente differenti in quanto a proprietà chimiche, fisiche e biologiche. Tali composti, con uguale formula molecolare, ma diversa struttura, sono detti isomeri.



**Figura 3**

All'aumentare del numero di atomi di carbonio aumenta il numero possibile di isomeri. Ad esempio, la formula  $C_8H_{18}$  ha 18 isomeri, mentre la formula  $C_{20}H_{42}$  ne ha addirittura 366.319. Come conseguenza di ciò, per indicare i composti organici, è necessario usare una nomenclatura ufficiale, universalmente accettata. Nel 1890 l'Unione internazionale di chimica pura e applicata (IUPAC) si accordò sulla adozione di un sistema di nomenclatura, valido per tutti i composti, compresi quelli di più recente scoperta. Nel sistema IUPAC la catena più lunga di atomi di carbonio viene numerata in modo che le sue ramificazioni abbiano valori più bassi. Le tre catene laterali nella figura 4 (2,2,4-trimetilpentano) sono situate sugli atomi di carbonio 2, 2 e 4; se la catena fosse stata numerata nella direzione opposta, le catene laterali sarebbero state sugli atomi 2, 4 e 4, e il nome corretto del composto sarebbe stato 2,4,4-trimetilpentano.



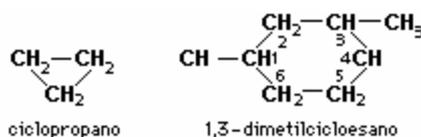
**Figura 4**

## 4 IDROCARBURI

Gli idrocarburi sono costituiti solo da atomi di carbonio e idrogeno e, in base alla loro struttura, possono essere classificati in composti aromatici e composti alifatici. Questi ultimi, che possono essere ulteriormente suddivisi in alcani, alcheni e alchini, rappresentano probabilmente la più semplice classe di composti organici e sono dunque particolarmente adatti per illustrarne alcune proprietà.

### 4.1 Alcani

Gli alcani hanno formula generale  $C_nH_{2n+2}$  e comprendono il metano  $CH_4$ , l'etano  $C_2H_6$ , il propano  $C_3H_8$  e il butano  $C_4H_{10}$ . Il nome dei composti successivi è formato da un prefisso derivato dal greco, che indica il numero di atomi di carbonio, seguito dal suffisso "ano"; si hanno così: pentano, di formula  $C_5H_{12}$ , esano  $C_6H_{14}$  ed eptano,  $C_7H_{16}$ . Quando la catena di atomi di carbonio, anziché essere aperta, è chiusa ad anello, si hanno i cosiddetti cicloalcani, la cui formula generale è  $C_nH_{2n}$ . Per dare il nome a tali composti è sufficiente anteporre al nome dell'alcano corrispondente il prefisso "ciclo", ad esempio si dice ciclopropano, ciclobutano e così via.



**Figura 5**



## 4.3 Alchini

Gli alchini hanno formula generale  $C_nH_{2n-2}$  e sono caratterizzati dalla presenza di uno o più tripli legami fra gli atomi di carbonio. In modo analogo a quanto si è visto per gli alcheni, questi composti sono indicati con il prefisso dell'alcano corrispondente, seguito dalla desinenza "ino". Ad esempio si dice etino, propino e butino. L'etino, spesso chiamato acetilene, è il più noto di questi composti.

## 4.4 Gruppi funzionali

Con il termine gruppo funzionale si intende quell'atomo o gruppo di atomi che determina le proprietà chimiche e fisiche del composto e che rappresenta la parte più reattiva della molecola. I composti organici possono essere classificati in base al gruppo funzionale che essi contengono.

## 4.5 Isomeri ottici e geometrici

La particolare natura dei legami degli atomi di carbonio determina proprietà dei composti organici che possono essere giustificate solo tenendo conto della distribuzione dei legami stessi nello spazio. Un atomo di carbonio legato a quattro costituenti diversi dà origine a due molecole distinte; un esempio è fornito dall'acido lattico che appunto esiste in due forme.

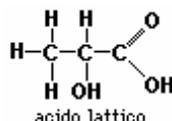
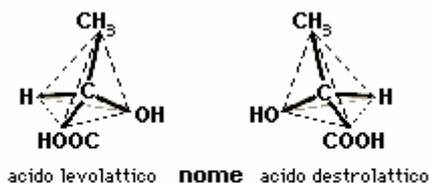


Figura 9

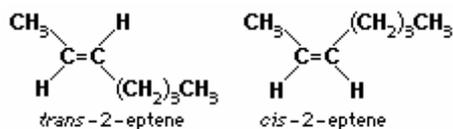


fermentazione    **provenienza**    muscoli  
dello zucchero

Figura 10

Questo tipo di fenomeno è detto isomeria ottica; si può pensare che gli isomeri ottici siano legati come un oggetto lo è alla sua immagine speculare: la posizione di un gruppo  $CH_3$  di un composto è simmetrica rispetto a quella occupata dal medesimo gruppo nell'altro composto e così avviene pure per il gruppo  $OH$ , esattamente come se i due isomeri fossero uno l'immagine allo specchio dell'altro. Gli isomeri ottici hanno le stesse proprietà chimiche e fisiche, con una sola eccezione: ogni isomero ruota il piano di polarizzazione della luce in modo diverso (*vedi Ottica*). Così l'acido destro-lattico, indicato anche come d-acido lattico, ruota il piano della luce polarizzata verso destra, mentre l'acido levo-lattico, o l-acido lattico, lo ruota a sinistra; il racemo, una miscela che contiene una uguale quantità dei due isomeri, è inerte dal punto di vista ottico, perché i due effetti contrastanti si bilanciano. Quando i due atomi di carbonio, con il doppio legame, sono legati ad atomi o gruppi atomici diversi, si possono avere composti differenti, ma

corrispondenti alla stessa formula di struttura. Tali composti, detti isomeri geometrici, sono caratterizzati da proprietà chimiche e biologiche diverse.

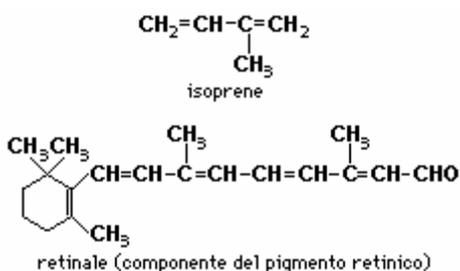


**Figura 11**

Come è mostrato in figura, quando i due atomi di idrogeno si trovano da parti opposte rispetto al doppio legame, si parla di isomero trans, mentre quando essi sono dalla stessa parte l'isomero viene detto cis.

## 4.6 Saturazione

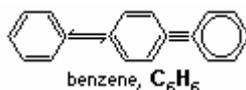
I composti che contengono legami doppi o tripli sono detti insaturi. Essi possono dare luogo a reazioni di addizione con vari reagenti, dette reazioni di saturazione, che provocano la rottura dei legami doppi o tripli, determinando la formazione di legami semplici.



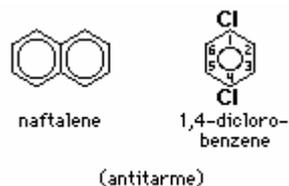
**Figura 12**

## 4.7 Idrocarburi aromatici

Il più semplice e contemporaneamente il più importante idrocarburo aromatico è il benzene, rappresentato in figura 13. Il cerchio all'interno dell'esagono indica che i sei elettroni, che sono rappresentati con sei legami doppi coniugati, appartengono all'intero esagono e non ai singoli atomi di carbonio. In figura 14 sono riportati altri composti aromatici.

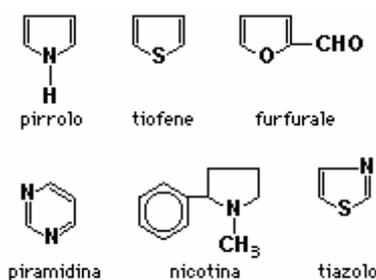


**Figura 13**



**Figura 14**

I composti ciclici possono contenere atomi diversi da quelli di carbonio; i più comuni eteroatomi sono ossigeno, azoto, zolfo, tuttavia sono noti anche composti che contengono boro, fosforo e selenio.



**Figura 15**

## 5 FONTI DI COMPOSTI ORGANICI

Il catrame di carbone era un tempo l'unica fonte di composti organici ed eterociclici; il petrolio era una fonte importante delle sostanze alifatiche contenute nella benzina, nel cherosene e nell'olio lubrificante; il gas naturale forniva metano e acetilene. Benché queste tre sostanze naturali siano tuttora le principali fonti di composti organici per la maggior parte dei paesi, i progressi dell'industria chimica consentono di far fronte a eventuali carenze di materie prime; ad esempio, se non c'è disponibilità di petrolio è possibile utilizzare l'acetilene, che a sua volta può essere sintetizzato a partire da bitume e carbone.

## 6 PROPRIETÀ FISICHE DEI COMPOSTI ORGANICI

In generale i composti organici sono insolubili in acqua, ma si sciolgono facilmente in solventi non polari (cioè che non hanno cariche elettriche localizzate), come ad esempio l'ottano e il tetracloruro di carbonio, e in solventi a bassa polarità, come gli alcoli, l'acido acetico e l'acetone.

Essi hanno densità relativamente bassa, pari a circa 8/10 di quella dell'acqua, ma la presenza di gruppi funzionali può determinarne un aumento. I composti che contengono più di un alogeno costituiscono una eccezione, e la loro densità relativa può raggiungere il valore di 1,2. I gruppi funzionali capaci di formare un legame idrogeno hanno anche l'effetto di aumentare la viscosità delle molecole, cioè la loro resistenza allo scorrimento; ciò avviene ad esempio nell'etanolo, nel glicole etilenico e nel glicerolo, che contengono rispettivamente uno, due e tre gruppi OH, e formano forti legami idrogeno (*vedi* Legame chimico).

# Materie plastiche

## 1 INTRODUZIONE

Materie plastiche Materiali polimerici costituiti in genere da macromolecole organiche, caratterizzati dalla possibilità di essere modellati in qualsiasi forma, quando si trovano allo stato plastico; vengono lavorati mediante procedimenti vari, generalmente a caldo. Le unità di base della materie plastiche, cioè i polimeri, possono essere naturali (come la cellulosa, la cera e la gomma naturale), artificiali, cioè costituiti da polimeri naturali modificati (come l'acetato di cellulosa e il cloridrato di caucciù) o sintetici, cioè prodotti mediante reazioni chimiche di sintesi o di addizione (come il nylon, il politene ecc.). I materiali iniziali sono resine sotto forma di granulati, polveri o soluzioni, dai quali si formano le materie plastiche finite.

Le materie plastiche sono caratterizzate da un alto rapporto resistenza-densità, un'eccellente proprietà di isolamento termico, elettrico e acustico, e una buona resistenza ad acidi, alcali e solventi. Le macromolecole dalle quali sono costituite possono essere lineari, ramificate o reticolate; nei primi due casi esse sono termoplastiche, cioè rammolliscono quando vengono riscaldate, mentre nell'ultimo caso sono termoindurenti, cioè induriscono in seguito a innalzamenti della temperatura.

## 2 CENNI STORICI

Lo sviluppo delle materie plastiche iniziò intorno al 1860, quando la fabbrica statunitense Phelan e Collander, produttrice di biliardi e palle da biliardo, offrì un premio di 10.000 dollari a chi avesse proposto un sostituto soddisfacente dell'avorio. L'inventore statunitense John Wesley Hyatt sviluppò un metodo per la lavorazione a pressione della pirossilina, una nitrocellulosa a bassa nitratura plastificata con canfora e con una ridotta quantità di solvente alcolico. Hyatt non riuscì a vincere il premio, ma il suo prodotto, brevettato come celluloid, trovò un'ampia diffusione e venne usato nella fabbricazione di svariati tipi di oggetti, dalle dentiere ai colletti. Nonostante fosse facilmente infiammabile e soggetta a deterioramento se esposta alla luce, la celluloid raggiunse un notevole successo commerciale.

Nei decenni successivi vennero introdotte altre materie plastiche, tra le quali le prime di tipo interamente sintetico, dette resine fenoliche o fenoplasti, ottenute dal chimico belga-statunitense Leo Hendrik Baekeland nel 1909 e commercializzate con il nome di bachelite. Durante lo stesso periodo, vennero introdotti i polimeri sintetici come il rayon, prodotto dai derivati della cellulosa.

### 2.1 Sviluppi della chimica delle materie plastiche

Nel 1920 si verificò un avvenimento che determinò il futuro sviluppo delle materie plastiche. Il chimico tedesco Hermann Staudinger ipotizzò che esse fossero polimeri costituiti da macromolecole: i conseguenti sforzi per provare questa affermazione diedero un notevole impulso alla ricerca scientifica che giunse a risultati importanti. Negli anni Venti e Trenta furono introdotti molti nuovi materiali, tra cui il cloruro di polivinile (PVC), usato per produrre tubi, pannelli di rivestimento e guaine isolanti per cavi elettrici, e le resine ureiche, usate per produrre vasellame e per applicazioni elettriche.

Una delle materie plastiche più conosciute tra quelle che vennero sviluppate in questo periodo è il metilmetacrilato polimerizzato, brevettato in Gran Bretagna come perspex e noto anche come plexiglas o lucite. Questo materiale ha eccellenti proprietà ottiche ed è adatto per produrre lenti da occhiali, obiettivi fotografici e materiale per l'illuminazione stradale e pubblicitaria. Le resine polistireniche, derivate dal

polistirene, o polistirolo, prodotto commercialmente per la prima volta intorno al 1937, sono caratterizzate da alta resistenza all'alterazione chimica e meccanica a basse temperature e dall'assorbimento contenuto di acqua. Queste proprietà le rendono particolarmente adatte soprattutto per la produzione di materiale per l'isolamento dalle frequenze radio e per accessori di apparecchi, macchine e strumenti usati in condizioni di basse temperature, come gli impianti di refrigerazione e gli aeroplani progettati per voli ad alta quota. Il politetrafluoretene (PTFE), apparso nel 1938, fu brevettato come teflon nel 1950 e quindi commercializzato con questo nome. Molto importante, durante gli anni Trenta, fu inoltre la sintesi del nylon, la prima materia plastica usata nell'ingegneria.

## 2.2 Seconda guerra mondiale

Durante la seconda guerra mondiale le nazioni belligeranti dovettero fronteggiare la scarsità di materie prime. L'industria delle materie plastiche trasse da questa circostanza un impulso considerevole, divenendo una ricca fonte di sostituti: la Germania, ad esempio, iniziò un importante programma che portò allo sviluppo di una gomma sintetica, mentre negli Stati Uniti il nylon divenne la principale fonte di fibre tessili, i poliesteri furono usati nella fabbricazione di blindati e di altro materiale bellico, e vennero prodotti vari tipi di gomma sintetica.

## 2.3 Il boom del dopoguerra

Lo slancio scientifico e tecnologico nell'industria delle materie plastiche continuò nel dopoguerra. Di particolare interesse furono i progressi dei materiali da costruzione come i policarbonati, gli acetali e i poliammidi; altri materiali sintetici vennero usati al posto di quelli metallici in macchinari, caschi protettivi, dispositivi utilizzabili in condizioni di alte temperature ecc. Nel 1953 il chimico tedesco Karl Ziegler introdusse il polietene, originariamente noto come polietilene, e l'anno successivo il chimico italiano Giulio Natta sviluppò il polipropene, o polipropilene, isotattico, brevettato e commercializzato come Moplen; nel 1963 Ziegler e Natta ottennero il premio Nobel per la chimica per i loro studi sui polimeri.

# 3 TIPI DI MATERIE PLASTICHE

Le materie plastiche possono essere classificate secondo il processo di polimerizzazione, la lavorabilità e la natura chimica.

## 3.1 Polimerizzazione

I due processi base di polimerizzazione sono le reazioni di condensazione e le reazioni di addizione. Le prime producono piccole molecole di sottoprodotti come l'acqua, l'ammoniaca e il glicole, mentre le seconde non generano sottoprodotti. Polimeri tipici ottenuti per condensazione sono nylon, poliuretani e poliesteri; per addizione, invece, si producono polietene, polipropene e polistirene. Il peso molecolare medio per i polimeri da addizione è generalmente maggiore di quello dei polimeri da condensazione.

## 3.2 Lavorabilità

La lavorabilità è diversa per materie termoplastiche e termoindurenti. Le termoplastiche (e le termoindurenti leggermente reticolate) sono fusibili: rammolliscono quando vengono riscaldate e induriscono per raffreddamento; la maggior parte delle materie termoindurenti, invece, indurisce in modo irreversibile quando viene riscaldata.

## 3.3 Natura chimica

La natura chimica di un materiale plastico viene definita in base al monomero, cioè all'unità di ripetizione, che costruisce la catena del polimero: ad esempio, le poliolefine sono costituite da monomeri di olefine, che sono idrocarburi a catena aperta con almeno un doppio legame. Il polietene è una poliolefina che ha come unità monomerica l'etene. Altre categorie sono gli acrilici (come il polimetilmetacrilato), gli stireni (come il polistirene), gli alogenuri di vinile (come il cloruro di polivinile), i poliesteri, i poliuretani, i poliammidi (come il nylon), i polieteri e le resine gliacetaliche, fenoliche, cellulosiche e amminiche.

## 3.4 Materie prime

Originariamente molte materie plastiche venivano prodotte con resine di origine vegetale, ad esempio la cellulosa (dal cotone), il furfurale (dalle glumette d'avena), gli oli (dai semi di alcune piante), i derivati dell'amido e il carbone; tra i materiali non vegetali usati è invece da citare la caseina (dal latte). Sebbene la produzione di nylon fosse basata in origine su carbone, acqua e aria, e il nylon 11 sia ancora basato sull'olio estratto dai semi di ricino, la maggior parte delle materie plastiche è attualmente derivata dai prodotti petrolchimici, facilmente utilizzabile e poco costosa. Tuttavia, poiché la riserva mondiale di petrolio è limitata, si stanno sperimentando nuove tecniche basate sull'uso di altre materie prime, come la gassificazione del carbone.

## 3.5 Additivi

Gli additivi chimici vengono spesso usati nelle materie plastiche per conferire a queste alcune particolari caratteristiche: ad esempio, gli antiossidanti proteggono il polimero dalla degradazione chimica causata dall'ossigeno o dall'ozono; allo stesso modo gli stabilizzatori ultravioletti lo proteggono dall'azione degli agenti atmosferici. I plastificanti rendono il polimero più flessibile; i lubrificanti riducono i problemi dovuti all'attrito e i pigmenti conferiscono il colore. Gli antinfiamma e gli antistatici sono tra gli altri additivi più usati.

Molte delle materie plastiche sono impiegate nella produzione dei cosiddetti materiali compositi nei quali il materiale rinforzante, di solito fibre di vetro o di carbonio, viene aggiunto a una base di materia plastica. I materiali compositi possiedono resistenza e stabilità paragonabili a quelle dei metalli, ma hanno generalmente un peso inferiore.

## 3.6 Formatura

I processi di formatura più comuni sono lo stampaggio e l'estrusione. Nello stampaggio soffiato a iniezione, usato per produrre bottiglie e oggetti cavi delle forme più varie, il materiale allo stato fuso viene iniettato in uno stampo e soffiato internamente, in modo che si espanda fino ad appoggiarsi su

tutta la parete interna dello stampo stesso, assumendone la forma. Nello stampaggio a pressione, usato per produrre oggetti cavi svasati o pieni, il materiale fuso viene compresso fra uno stampo e un controstampo. Alcune materie plastiche, in particolare quelle che fondono ad alte temperature, richiedono tecniche speciali: il politetrafluoroetene, ad esempio, viene pressato nello stampo allo stato granulare e poi sinterizzato, cioè sottoposto a forte calore in modo da essere compattato in una massa omogenea, ma non fuso. Nell'estrusione, il materiale viene forzato attraverso una filiera sagomata; i prodotti estrusi (tubi, barre, fili ecc.) sono caratterizzati dalla sezione costante e possono essere di lunghezza indeterminata.

Alcune materie plastiche, come il polistirene e il poliuretano, sono usate nella produzione dei cosiddetti materiali espansi, che possono essere rigidi (pannelli per isolamento termoacustico, materiale da imballaggio, giubbotti salvagente ecc.) o flessibili (imbottiture per sedili, materassi e cuscini, spugne sintetiche ecc.). Sono materiali molto leggeri, ottenuti in genere insufflando aria nella massa allo stato fuso, oppure mescolando con il materiale ancora allo stato di polvere o di granuli una sostanza che sviluppa gas quando la massa viene riscaldata per essere fusa.

## 4 USI

Le materie plastiche hanno una gamma d'uso sempre più vasta, praticamente in ogni settore industriale e di consumo; l'industria dell'imballaggio è comunque l'utente principale. Il polietene a bassa densità (LDPE) è commercializzato soprattutto in pellicola sottile, particolarmente adatta all'imballaggio; il polietene ad alta densità (HDPE) viene invece prodotto in forma di pellicola di spessore maggiore, come quella usata per confezionare i comuni sacchetti di plastica per la spesa o i sacchi per rifiuti. Altre materie plastiche usate nell'imballaggio sono il polipropene, il polistirene e il cloruro di polivinile (PVC); in particolare il polipropene è molto resistente al vapore acqueo ed è quindi usato per produrre articoli casalinghi e come fibra per confezionare tappeti e cordami.

L'industria edilizia è un altro grande consumatore di materie plastiche. Con il polietene ad alta densità e il cloruro di polivinile si producono tubi per impianti idraulici e pannelli usati come materiale da costruzione, mentre il polistirene e il poliuretano espansi sono utilizzati per produrre pannelli per l'isolamento termico e acustico.

Molte altre industrie ormai dipendono dalle materie plastiche. Per citare solo un esempio, molti componenti delle automobili sono costruiti con questi materiali, dalle prese d'aria alle pompe del carburante ai paraurti, oltre ai pannelli interni, ai sedili e alle finiture. Nell'ambito della produzione dei beni di consumo, le materie plastiche spaziano dagli equipaggiamenti sportivi, alla valigeria, ai giocattoli.

## 5 RISCHI PER LA SALUTE E L'AMBIENTE

Poiché le materie plastiche sono relativamente inerti, i prodotti finali non presentano generalmente rischi per la salute degli addetti alla lavorazione e degli utenti; tuttavia è stato dimostrato che alcuni monomeri usati nella fabbricazione di materie plastiche sono cancerogeni, come il benzene, un'importante materia prima nella sintesi del nylon. I problemi collegati alla fabbricazione di materiale plastico sono in genere in parallelo con quelli dell'industria chimica in generale.

La maggior parte delle materie plastiche sintetiche non è biodegradabile; a differenza del legno, della carta, delle fibre naturali e persino dei metalli e del vetro, le materie plastiche non si decompongono né si rompono con il tempo. Esiste perciò un problema ambientale associato alla loro eliminazione: il riciclaggio

è apparso il metodo più efficace per combattere questo problema, specie con prodotti come le bottiglie di polietilentereftalato (PET) usate per bibite gassate, in cui il processo di riciclaggio è molto più semplice.

## 6 PRINCIPALI MATERIE PLASTICHE

### Principali materie plastiche

Polietilene (PE)	$\text{— CH}_2 \text{— CH}_2 \text{—}$	Termoplastico, traslucido quando viene prodotto come pellicola, permeabile agli idrocarburi, agli alcoli e ai gas, resistente ai raggi X e agli agenti chimici.	Pellicole, sacchetti, condutture, guaine isolanti, tappi, coperchi, imballaggi, giocattoli.
Polipropilene (PP)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{— CH}_2 \text{— CH —} \end{array}$	Termoplastico, bassa densità, elevata rigidità, resistente ai raggi X, molto poco permeabile all'acqua, resistente alle alte temperature (< 135 (C) e ai colpi.	Casalinghi, imballaggi, stampi, parti di carrozzeria stampate, paraurti, mobili da giardino, siringhe, flaconi, protesi.
Polistirene (PS)	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\   \\ \text{— CH}_2 \text{— CH —} \end{array}$	Termoplastico, trasparente quando viene prodotto come pellicola, non tossico se ingerito, dotato di proprietà ottiche ed elettriche, acquista facilmente il colore voluto, resistente ai raggi X, agli oli e ai grassi.	Imballaggi, utensili da cucina, rivestimenti da arredamento, isolanti termici, giocattoli, articoli da ufficio, rasoi monouso.
Cloruro di polivinile (PVC)	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{— CH}_2 \text{— CH —} \end{array}$	Termoplastico, flessibile o rigido, opaco o trasparente, resistente ai raggi X, agli acidi, alle basi, agli oli, ai grassi e agli alcoli.	Casalinghi, imballaggi, guaine isolanti per cavi elettrici, condutture dell'acqua, rivestimenti per pavimenti, infissi e porte a soffietto, valige, borse, oggetti in similpelle, articoli sportivi e da campeggio, prodotti per l'industria chimica e automobilistica.
Politetrafluoroetilene (PTFE) o Teflon	$\text{— CF}_2 \text{— CF}_2 \text{—}$	Chimicamente inerte, antiaderente, impermeabile all'acqua e ai grassi, resistenza eccellente al calore e alla corrosione.	Protesi ortopediche e acustiche, guarnizioni, parti meccaniche destinate al contatto con sostanze corrosive, guaine isolanti per cavi elettrici, rivestimenti per padelle antiaderenti.
Polimetacrilato di metile (PMMA) o Plexiglas	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{— CH}_2 \text{— C —} \\   \\ \text{OCOCH}_3 \end{array}$	Termoplastico, trasparente, eccellenti proprietà ottiche, buona resistenza alle intemperie e all'invecchiamento.	Impiegato come sostituto del vetro. Insegne luminose, vetreria, finestrini, vetrine, fibre ottiche, oggetti di uso odontoiatrico, lenti a contatto, protesi.
Poliammide (PA) (per esempio: Nylon)	Esempio: $\text{— NH — (CH}_2)_a \text{— CO —}$ dove a è un numero intero	Termoplastico, eccellenti proprietà meccaniche, resistente alle temperature (< 100 (C), ai raggi X, ai carburanti, impermeabile ai gas e agli odori.	Imballaggi per alimentari, meccanismi per i contatori del consumo di acqua, gas o elettricità, condutture per carburanti, scarponi e attacchi da sci, sellini per biciclette.
Siliconi	$\begin{array}{c} \text{R} \\   \\ \text{— O — Si —} \\   \\ \text{R} \end{array}$  Esempi: R = CH <sub>3</sub> o C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	Di consistenza fluida, con proprietà lubrificanti e antiaderenti, lievemente tossici.	Fluidi per trasformatori elettrici, mastici, produzione di stampi complessi, rivestimenti antiaderenti, vernici, rivestimenti cerosi, chirurgia estetica e trattamento delle ustioni.
Resine di urea-formaldeide	Termoindurenti, acquistano facilmente la forma voluta.	Bicchieri e stoviglie.	
Poliesteri	$\begin{array}{c} \text{— R — C — O — R' — O} \\ \text{— C — R —} \\    \qquad \qquad \qquad    \\ \text{O} \qquad \qquad \qquad \text{O} \end{array}$  dove R e R' sono gruppi atomici	Termoindurenti, trasparenti, proprietà meccaniche ad alte temperature, proprietà elettriche, resistenti agli urti, acquistano facilmente la forma voluta.	Fibre tessili, imballaggi, bottiglie, interruttori, prese e fusibili per circuiti ad alta tensione, protesi.
lastiche	Termoindurenti, di grande durata.	Bachelite, vernici indurenti.	