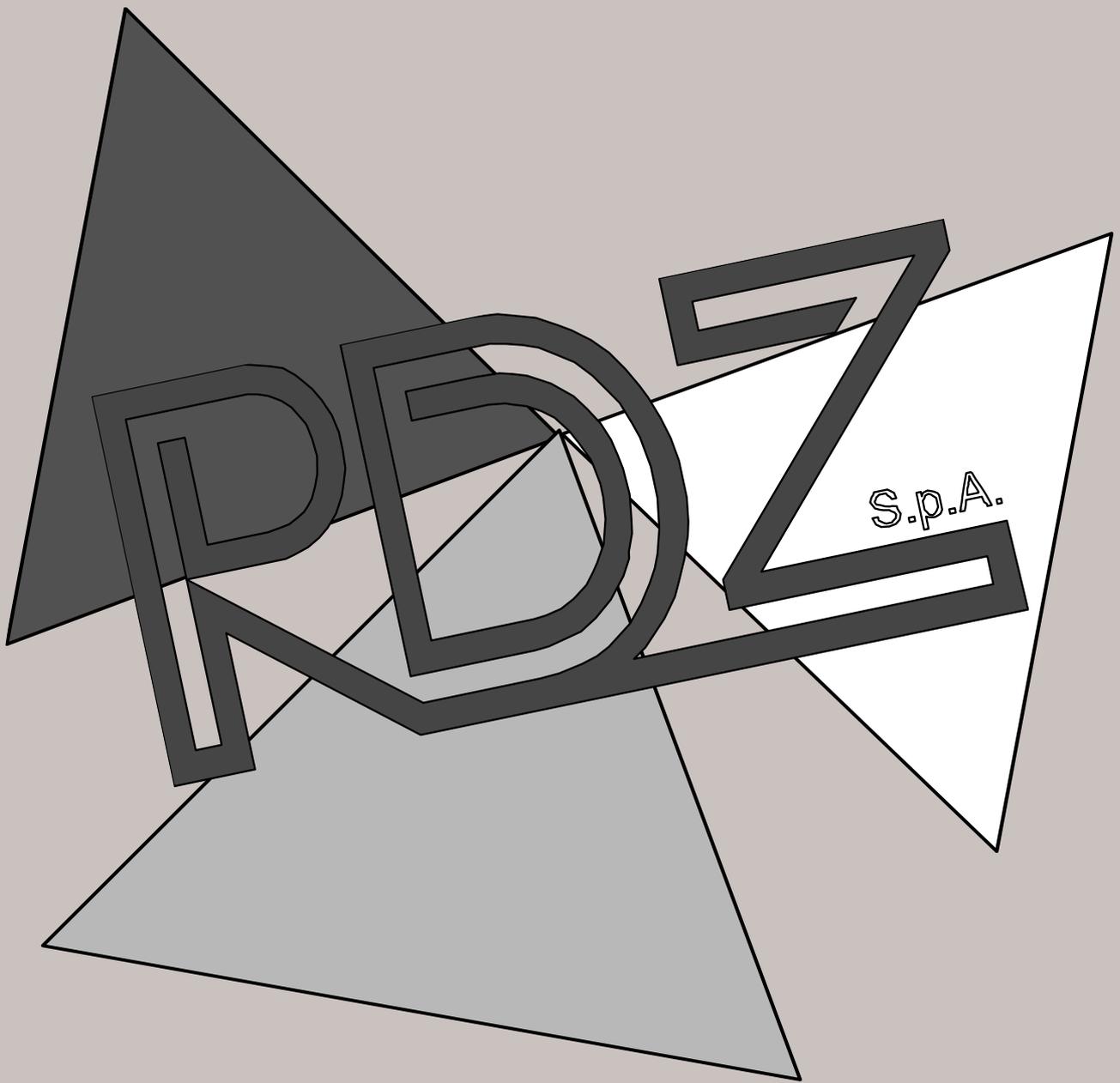


# ***MATERIE PLASTICHE***



# **MATERIE PLASTICHE**

## ORIGINE DELLE MATERIE PLASTICHE

Le materie prime necessarie per la fabbricazione delle materie plastiche sono dei prodotti naturali come la cellulosa, il carbone, il gas naturale, il petrolio. Tutti questi prodotti contengono dei composti a base di carbonio (C) e di idrogeno (H), a volte anche ossigeno (O), azoto (N), zolfo (S) e silicio (Si).

**Il petrolio, con il gas naturale, è la principale materia prima per la fabbricazione delle materie plastiche.**

In raffineria il petrolio viene separato in diverse frazioni (parti costituenti) per **distillazione**.

I componenti del petrolio hanno diversi punti di ebollizione. Mediante riscaldamento, si raccolgono nella **torre di frazionamento** dei gas, delle benzine, degli oli combustibili (leggeri e pesanti); il residuo è del bitume (asfalto) utilizzato come rivestimento per le strade.

Tutte le frazioni sono composte da idrocarburi e si distinguono solo per la grandezza e la forma delle loro molecole.

La frazione del petrolio più importante per la produzione delle materie plastiche è quella delle benzine (nafta). La nafta viene trasformata, attraverso un procedimento termico, in un miscuglio di **etilene**, di **propilene**, di **butene** e di altri idrocarburi leggeri.

A partire dall'**etilene**, per esempio, si ottengono per reazione chimica con altri composti, delle sostanze come lo **stirene** o come il **cloruro di polivinile**, che sono anch'esse dei prodotti di base per elaborare diverse materie plastiche.

**Riteniamo importante sottolineare che l'industria delle materie plastiche utilizza solo il 6% circa di tutti i prodotti petroliferi che escono dalla raffineria.**

PRINCIPALI MATERIE PLASTICHE PER TUBAZIONI  
E CANALIZZAZIONI NELLE COSTRUZIONI

**Richiamo:** le molecole di base (o **monomeri**) possono essere legate insieme per formare delle molecole più grandi chiamate **macromolecole**. Questa sintesi è ottenuta attraverso il processo di **polimerizzazione**, il più utilizzato per i materiali che ci interessano. Questa reazione di concatenamento è ottenuta senza dissociazione/eliminazione di sostanze. Si realizzano così il **polietilene** (PE), il **polipropilene** (PP), il **polibutene** (PB), il **policloruro di vinile** (PVC).

**Materiali:** i più utilizzati nelle costruzioni sono i **termoplastici** composti da molecole lunghe filiformi ramificate. La sistemazione di queste molecole filiformi può essere:

**Amorfa**, o con struttura disordinata, aggrovigliate in modo aleatorio (come i filamenti di ovatta o di feltro, per esempio); tipo PVC e PVCC.

**Semi-cristallina**, o con zone a struttura ordinata nelle quali le macromolecole possono essere allineate in perfetto parallelismo (come i fiammiferi in una scatola), tra altre zone amorfe; tipo PE, PB, PP.

I materiali termoplastici semi-cristallini si prestano ad essere uniti mediante saldatura, mentre i materiali amorfi si uniscono mediante incollaggio.

**Campi di impiego:** si distinguono due tipi di applicazione:

**Scarico:** liquidi senza pressione, generalmente acque sanitarie usate. Si ha un utilizzo prevalente di PVC, di recente di PP, quando la norma nazionale lo autorizza, oltre che di PE.

**Alimentazione:** liquidi in pressione, sia freddi che caldi. E' soprattutto il livello di temperatura e le sue variazioni che determinano la scelta del prodotto, oltre che la sua flessibilità.

<b>Acqua fredda sanitaria:</b>	PE, PVCC, PP, PB, PEX
<b>Riscaldamento a pavimento:</b>	PB, PEX
<b>Acqua calda sanitaria (fino a 60 °C):</b>	PP, PVCC, PB, PEX
<b>Radiatori, climatizzazione:</b>	PB, PEX

## CARATTERISTICHE DEI TUBI IN MATERIALE SINTETICO

### CHE COSA SONO I MATERIALI SINTETICI?

I materiali sintetici, come indica il loro nome, sono ottenuti per sintesi da materie organiche aventi origini naturali e generalmente costituite da molecole giganti, dette macromolecole o ancora "polimeri". Le macromolecole si presentano sotto forma di catene o combinazioni di catene composte da molte migliaia di molecole elementari dette "meri" o "monomeri" comprendenti ciascuna più atomi. La trasformazione che permette la combinazione dei monomeri per costituire dei polimeri si chiama "polimerizzazione".

### QUALI SONO I PRINCIPALI MATERIALI SINTETICI

utilizzati nella fabbricazione dei tubi destinati al mercato del sanitario e della climatizzazione in genere?

Il polipropilene, il polibutene e il polietilene reticolato che costituiscono l'insieme dei tubi detti "flessibili".

### PRINCIPALI CARATTERISTICHE

Leggerezza, flessibilità, bassa conducibilità termica ed elettrica, buona resistenza meccanica alle sollecitazioni fisiche (choc, temperatura, pressione). Eccellente resistenza chimica nei confronti dei fluidi (questi prodotti non arrugginiscono, non marciscono).

### ORIGINI

E' dal 1933 che la ICI (Imperial Chemical Ind.) polimerizza l'etilene sotto alta pressione (2.000 bar), ma è solo dal 1953 che la produzione industriale vede la luce. ZIEGLER, nella Repubblica Democratica Tedesca (Institut Max Planck) mette a punto dei catalizzatori a bassa pressione (10 bar) organo-metallici detti di ZIEGLER-NATTA per polimerizzare l'etilene.

PHILIPS INDUSTRIE da parte sua realizza la sintesi del polietilene a bassa pressione con catalizzatori ossido-metallici. Al giorno d'oggi i primi tubi posati hanno oltre 25 anni di anzianità.

La leadership spetta al polietilene reticolato e per questo materiale l'interesse per il livello qualitativo superiore si rivolge al tipo di reticolazione mediante irradiazione. Tenuto conto dell'importanza crescente di questo materiale faremo riferimento su di esso per la presente esposizione.

### RICHIAMO

Le molecole (corpi semplici) sono costituite da atomi (materiale) in un assieme semplice e stabile. L'acqua per esempio comprende due atomi di idrogeno legati ad uno di ossigeno. Si può far evaporare o gelare l'acqua, agitarla, ma la sua molecola resterà  $H_2O$  e non si aggancerà mai ad un'altra molecola per fare per esempio  $H_4O_2$ . La stessa cosa avviene per il sale  $NaCl$ , per la ruggine  $Fe_2O_3$ , ecc.....

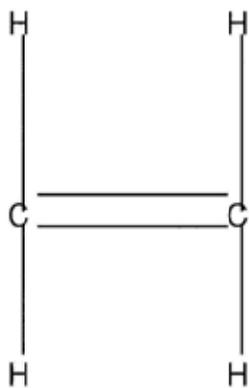
E' una legge quasi generale ma non assoluta. Certi elementi come il silicio, ma soprattutto il carbonio hanno delle molecole semplici suscettibili di legarsi tra loro per formare degli assiemi giganti.

## MORFOLOGIA DEL POLIETILENE

L'etilene monomero ha la struttura qui raffigurata:

Ogni atomo di idrogeno mette in comune un suo elettrone con un atomo di carbonio assicurando così quattro legami covalenti C-H. I due atomi di carbonio mettono in comune i due elettroni rimanenti per assicurare un legame covalente doppio C-C.

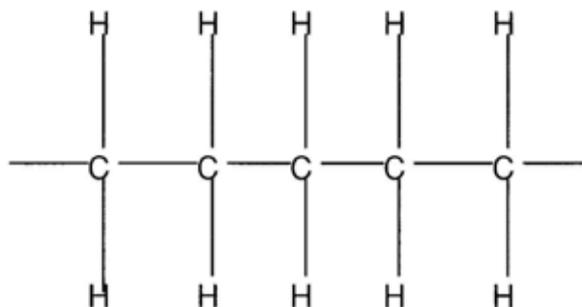
La polimerizzazione consiste nel rompere il più debole tra i due legami C-C al fine di liberare due elettroni permettendo di unirsi a delle altre molecole per costituire l'insieme di macromolecole di polietilene.



Si hanno dunque dei legami intermolecolari a forte energia e dei legami e delle forze intermolecolari (dette di Wander Waals) di energia relativamente debole.

Le molecole si organizzano in due modi:

- in zone amorse, se non si ha alcun ordinamento molecolare.
- in zone dette cristalline, quando le catene molecolari si dispongono parallelamente le une alle altre.



Queste due zone sono legate tra loro per mezzo di macromolecole di legame, con dei segmenti di ciascuna zona. Si tratta di un polimero semicristallino. I cristalli si dispongono anch'essi in super-strutture a simmetria radiale chiamate sferoliti.

## FABBRICAZIONE DEL POLIETILENE

Dopo aver esaminato la struttura del polietilene di base osserviamo che il prodotto finale, il TUBO, deve poter essere facilmente messo in opera e utilizzato per molti anni senza che si degradi. Ora dobbiamo osservare che il polietilene è sensibile, tra l'altro, al calore che favorisce i processi di ossidazione delle molecole: ciò si traduce nel tempo ad una degradazione intermolecolare e ad una variazione delle proprietà meccaniche del prodotto.

## ADDITIVI

E' dunque necessario incorporare degli additivi nella formulazione del composto dove i principali sono e hanno come scopo:

- Gli anti-ossidanti (vedere in seguito)
- Gli agenti lubrificanti per favorire l'estrusione
- Gli agenti reticolanti
- I coloranti e gli opacificanti, ecc...

Questi additivi sono incorporati al momento della preparazione del granulato. Sotto il termine polietilene si ritrova una infinita varietà di prodotti formulati per ottenere un risultato preciso. Per una garanzia di costanza del prodotto, e quindi di qualità, la necessità di seguire in permanenza un controllo di qualità è imperativo.

## PRINCIPIO DI FABBRICAZIONE

Si effettua in tre operazioni successive e che devono essere perfettamente sotto controllo:

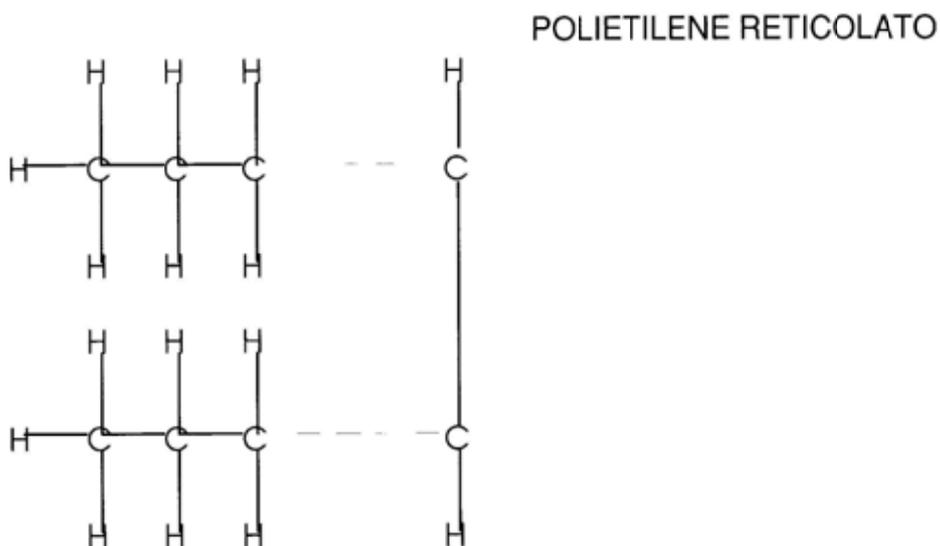
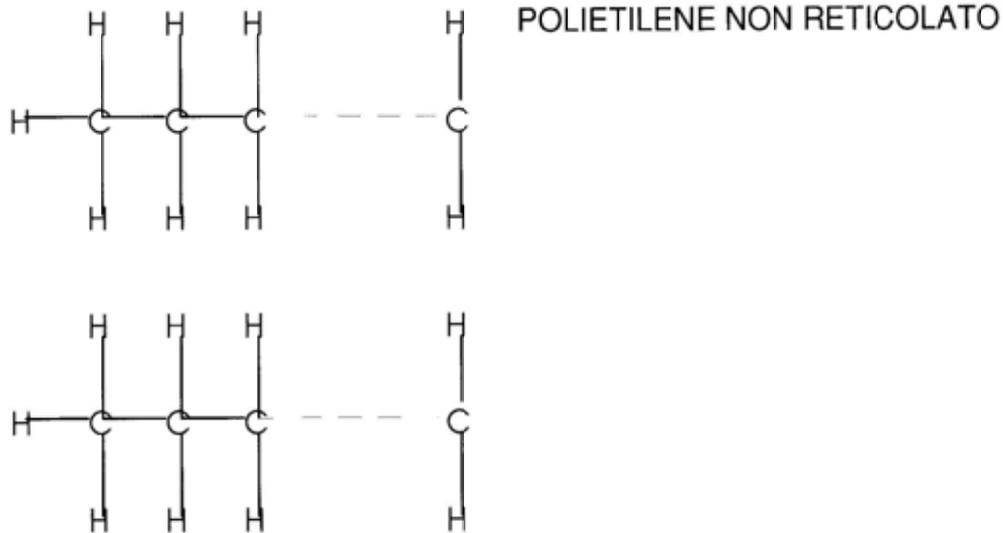
- La fusione del materiale realizzata in una vite a pressione
- La messa in forma per estrusione dopo calibrazione
- Il raffreddamento progressivo

Delle operazioni annesse: marcatura, controllo dimensionale, taglio e disposizione in rotoli completano il lavoro.

## LA RETICOLAZIONE

Definizione: reticolare un polimero consiste nell'unire tra loro le molecole che lo compongono tendendo così a rendere la sua massa molecolare infinita. Quale che sia il procedimento utilizzato per reticolare il polietilene è necessario:

- Strappare un atomo di idrogeno ad un atomo di carbonio su due catene vicine
- Legare tra loro due atomi di carbonio da cui si ricava che si libera una valenza



CONSEGUENZE:

Dopo l'avvenuto legame intermolecolare le proprietà del polimero vengono ad essere modificate.

Nel caso dei materiali termoplastici si osserva:

- Il materiale non fonde più; da questo deriva che il materiale può essere utilizzato a temperature più elevate
- Il materiale non è più solubile in solventi, si può quindi utilizzare in ambienti più aggressivi.

## PROCESSI DI RETICOLAZIONE

La reticolazione del polietilene può essere suddivisa in due metodi:

- La reticolazione chimica
- La reticolazione fisica

I metodi chimici utilizzano normalmente come agente reticolante il perossido, il silene o l'azoto, mentre il metodo fisico impiega la radiazione.

La reticolazione con perossido esiste secondo i seguenti 3 processi:

- Engel, P.A.M., Daoplast

La reticolazione con silene può essere suddivisa in 3 o 4 metodi:

- Processo Monosil, silene copolimero e Sioplas (Dow Corning).

### ENGEL

La creazione di siti reattivi sulle catene molecolari del PEHD (polietilene alta densità) si effettua per decomposizione del perossido (dicomyl) in presenza di calore (da 160 °C a 200 °C, quindi con la materia fusa) e sotto una elevata pressione nella vite dell'estrusore. Grandi quantità di ossidanti devono essere mescolate in aggiunta in quanto la reazione consuma degli antiossidanti.

### P.A.M. (Pont a Musson)

Simile al processo sotto alta pressione, ma ad una temperatura di estrusione inferiore alla temperatura di reazione del perossido. La reazione viene poi attivata in un bagno di sali caldi.

### DAOPLAST

L'estrusione è classica, poi il tubo viene immerso in un fluido contenente dei perossidi che si diffondono nella materia. La reticolazione viene poi completata con riscaldamento a 160 °C in autoclave.

### AZO

Il polietilene è mescolato con un etere a base di azoto. L'estrusione è classica, poi il tubo viene immerso in un bagno salato caldo. La decomposizione dell'etere azotico si effettua verso i 270 °C.

### SIOPLAS

Si incorpora con il polietilene un perossido (dicomyl) in debole concentrazione e un silene. Sotto effetto della temperatura il perossido agisce, similmente agli altri processi,

come legante dell'idrogeno e il silene si lega al carbonio sugli spazi liberati. Si ottiene un composto innestato. Il tubo viene poi estruso e successivamente immerso in acqua calda provocando la reticolazione per idrolisi del silene che lega le molecole tra loro. La materia mescolata (compound innestato) deve assolutamente essere immagazzinata in luoghi privi di umidità.

## MONOSYL

Si tratta di una variante del processo Sioplas, ove le prime due fasi diventano una sola: l'innesto e l'estrusione sono simultanei.

## **RETICOLAZIONE FISICA**

Contrariamente ai processi sopra descritti, il tubo viene estruso in modo classico. La reticolazione avviene poi a temperatura ambiente, facendo scorrere il tubo sotto un fascio di elettroni ad elevata energia, per strappo di atomi di idrogeno. Avvenendo a temperatura ambiente le zone cristalline non sono interessate al processo mentre i rinforzi tra i legami molecolari si hanno prevalentemente nelle zone amorfe, le più deboli.

## PROPRIETA'

### Chimiche

Il polietilene presenta una grande resistenza chimica nei confronti di prodotti aggressivi anche a caldo, grazie alla sua inerzia.

Non viene attaccato da batteri, da microrganismi, da insetti. Tuttavia certi prodotti indeboliscono il polietilene o provocano delle corrosioni particolari. Si tratta principalmente di idrocarburi aromatici liquidi e di agenti tensio-attivi (potassio, detersivi).

Il polietilene è totalmente insensibile alla corrosione elettrochimica e costituisce un buon isolante elettrico.

### Meccaniche

I materiali termoplastici possiedono delle proprietà meccaniche complesse. Queste vengono modificate dal calore e dall'invecchiamento (causato tra l'altro dall'azione dell'ossigeno, dell'ozono e dei raggi ultravioletti). La determinazione delle proprietà meccaniche di un prodotto si effettua per via sperimentale (in modo da prendere in considerazione i parametri di fabbricazione) e per estrapolazione nel tempo dei risultati delle prove di breve durata, basate sulle condizioni di utilizzo reale (vedere "controllo delle proprietà").

La deformazione sotto l'effetto di uno sforzo meccanico non è lineare e il comportamento viene caratterizzato da tre stadi:

- L'elasticità istantanea, breve, simile a quella dei metalli che riprendono la loro forma iniziale quando lo sforzo cessa

- La viscoelasticità o l'elasticità ritardata che si aggiunge alla precedente: la deformazione sparisce lentamente al cessare della causa. Questo comportamento assomiglia alla viscosità dei fluidi.

- Lo stiramento, deformazione lenta e progressiva, sotto forte carico, avente caratteristica irreversibile.

Le prove di trazione permettono di conoscere questi fenomeni.

### CONTROLLO DELLE PROPRIETA'

Esso consiste nel misurare la perdita delle proprietà meccaniche, principalmente:

- Sotto l'effetto di sollecitazioni meccaniche di lunga durata
- Sotto l'effetto di invecchiamento accelerato per termo-ossidazione

### Prove di pressione idraulica

Dei campioni di tubo sono sottoposti ad una pressione interna costante, con acqua, ad una data temperatura dell'ambiente in cui è immerso (acqua o aria).

La prova prosegue fino alla rottura del tubo (per stiramento o per fessurazione) e la durata viene annotata. Vengono applicate diverse temperature e diverse pressioni per ottenere risultati a soglie diverse. Per estrapolazione questi risultati danno una stima della durata di vita del prodotto per delle condizioni date. In effetti, sotto l'effetto di una sollecitazione, il tempo necessario per la rottura è evidentemente funzione del valore di questa sollecitazione e della resistenza del materiale a stirarsi, rompersi o fessurarsi.

La formula di Lamé lega pressione, sollecitazione, diametro e spessore del tubo:

$$\sigma = P \frac{D - s}{2s}$$

Nella quale:

- $\sigma$  è lo sforzo
- P è la pressione interna
- D è il diametro interno del tubo
- s è lo spessore parietale del tubo

Esistono diversi metodi di estrapolazione (nessuno è perfetto); tra questi il metodo NFT 54091 detto metodo "LOGIT", applicato in Francia. In esso vengono fissati i carichi meccanici di riferimento per durate previste di 50 anni a differenti livelli di temperatura.

Sono questi valori di riferimento che, corretti con un coefficiente di sicurezza detto "COEFFICIENTE DI APPLICAZIONE", sono utilizzati nell'ambito degli "AVIS TECHNIQUES" per determinare la qualità dei prodotti.

RESISTENZA ALLA TERMO-OSSIDAZIONE

Il prodotto si considera totalmente degradato quando la sua perdita di allungamento alla rottura raggiunge il 50%. Questo valore è misurato su un campione di prodotto per mezzo di un estensimetro ottico in una camera di prova regolata ad una temperatura di 160 °C. Per rispondere alle esigenze degli AVIS TECHNIQUES il tempo di condizionamento a 160 °C deve essere superiore a 200 ore.

ALTRE PROVE

Anche altre prove sono richieste e realizzate in rispondenza degli AVIS TECHNIQUES (valori di seguito indicati):

- Trazione: Resistenza alla rottura  $\geq 20$  MPa  
Allungamento a rottura  $\geq 200\%$

- Ritiro a caldo (120 °C - 1 ora)  $\leq 2,5\%$

- Tasso di reticolazione 75%  $\pm 5\%$

-Dimensioni: Diametro esterno: nominale -0  
+0,3

Spessore nominale -0  
+0,4

- Resistenza alla pressione:

a 20 °C  $\sigma = 12$  MPa per minimo 1 ora  
 $\sigma = 10$  MPa per minimo 1.000 ore

a 95 °C  $\sigma = 4,7$  MPa per minimo 170 ore  
 $\sigma = 4,4$  MPa per minimo 1.000 ore

CONCLUSIONI

I materiali di sintesi (plastici), e particolarmente il polietilene reticolato, presentano dei vantaggi interessanti nell'ambito della climatizzazione per la realizzazione di reti per riscaldamento ad acqua calda o per utilizzo sanitario.

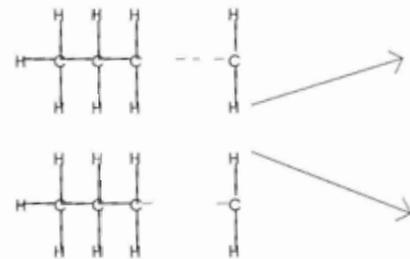
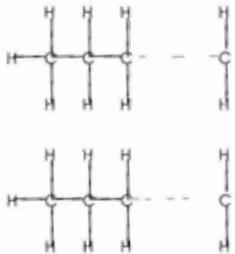
Le proprietà di maneggevolezza, leggerezza, disponibilità in lunghezze considerevoli permettono di realizzare installazioni seguendo delle tecniche innovative inapplicabili con le tradizionali tubazioni metalliche:

- Reti prefabbricate per riscaldamento o distribuzione sanitaria
- Serpentini senza giunzioni per riscaldamento a pavimento, ecc.....

## I METODI DI RETICOLAZIONE

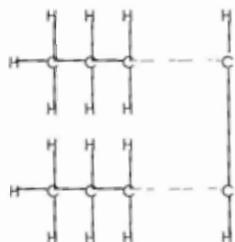
Si parla di reticolazione chimica, di reticolazione al silene, di reticolazione per irraggiamento. Si tratta di differenti modi per ottenere il medesimo scopo.

Prendiamo la molecola del polietilene:



Per reticolare, quale che sia il processo, occorre:

- Staccare un atomo di idrogeno da un atomo di carbonio su due catene vicine

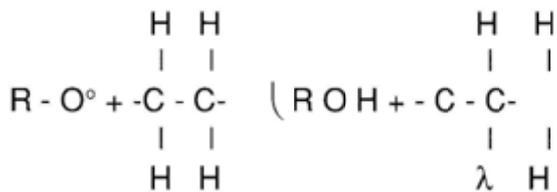
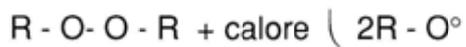


- Riattaccare tra loro i due atomi di carbonio aventi la valenza libera

E' nel modo di realizzare lo strappo degli atomi di idrogeno che si differenziano i vari processi di reticolazione.

Reticolazione chimica

Si incorpora nel polietilene un perossido che si decomporrà sotto l'effetto del calore:



Il perossido decomposto strappa un atomo di idrogeno da un atomo di carbonio; la reticolazione può proseguire.

Le tappe del processo sono:

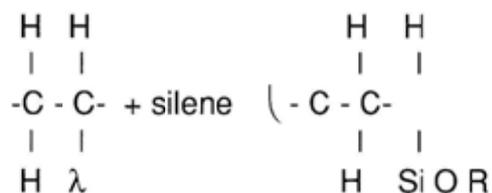
- Incorporare il perossido nel granulato e mescolare molto bene
- Estrudere la mescola
- Cottura del prodotto estruso.

Nella maggior parte dei casi queste operazioni vengono eseguite in una sola operazione:

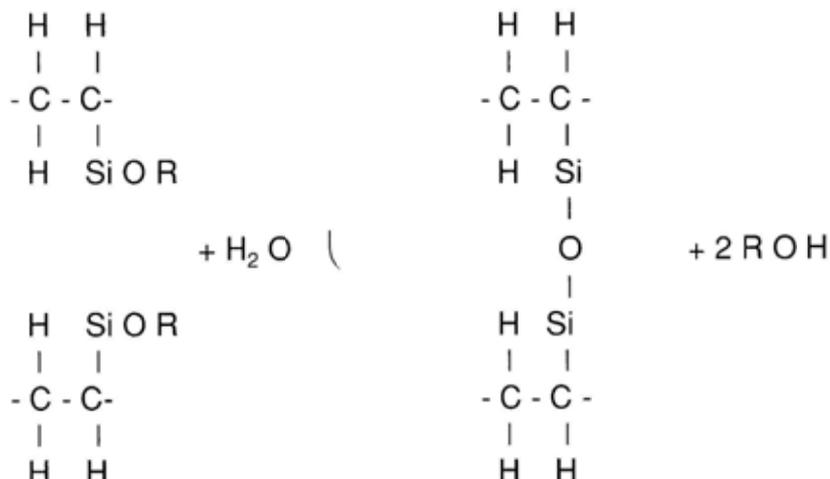
- La mescola viene preparata in fase di estrusione
- La reticolazione viene effettuata in un tubo sotto pressione di vapore o di azoto oppure in un bagno di sali allo stato fuso.

Reticolazione con silene

Si incorpora nel polietilene un perossido (ma in bassa concentrazione) e un silene. Con l'effetto del calore il perossido agisce come "strappatore di idrogeno" come precedentemente e il silene si lega agli atomi di carbonio negli spazi che si vengono a creare.



In presenza di acqua il silene per idrolisi lega le molecole tra loro.



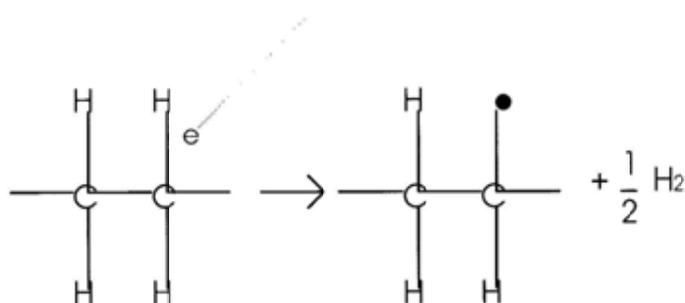
Le tappe del processo sono:

- Incorporare il perossido e il silene e mescolare per ottenere il composto "innestato".
- Estrusione della mescola
- Esposizione al calore e all'umidità (vapore saturo a vasca di acqua calda).

La tendenza è di realizzare le prime due fasi in una sola passata a grande velocità, la terza operazione è un bagno in acqua.

#### Reticolazione per irraggiamento

In ACOME si utilizzano elettroni accelerati ad elevatissima velocità; quando incontrano un legame C - H essi lo spezzano.



La reticolazione avviene istantaneamente e a temperatura ambiente.

La reazione è accelerata con degli additivi e le operazioni sono quindi:

- Aggiunta degli additivi e preparazione della mescola
- Estrusione
- Irraggiamento.

I vantaggi essenziali di questo processo di reticolazione sono:

- Minore sensibilità dalla buona preparazione e buona miscelazione degli agenti reticolanti nell'impasto base.
- Ottimo controllo del processo di reticolazione.
- Elevata costanza del tasso di reticolazione.
- Reticolazione che "naturalmente" interessa le zone amorfe del materiale, salvaguardando le zone cristalline ove le molecole sono disposte ordinatamente.
- Reticolazione stabilizzata in quanto il materiale non contiene quantità di agenti reticolanti che possono continuare nel tempo reazioni chimiche.

## SCELTA DEI MATERIALI

Per il momento solamente il PER (polietilene reticolato) presenta delle caratteristiche interessanti per utilizzi affidabili in installazioni di impianti.

### Il polipropilene

Questo polimero presenta delle resistenze iniziali molto interessanti. Ma, in seguito a degli studi recenti, possiamo dire che possiede una debole stabilità termica quindi una debole resistenza nel tempo.

### Il polietilene non reticolato

Il PE, generalmente di media o bassa densità, è ancora oggetto di numerosi studi. In effetti, anche se ha un comportamento simile a quello del PER, esso non assicura che una debole resistenza alla pressione nel tempo.

### Il polibutilene

Il suo comportamento è affidabile a bassa temperatura, possiede una buona resistenza meccanica anche a valori di temperatura elevata ma si degrada nel tempo. Per questo materiale va però detto che in tempi recenti le ricerche effettuate da parte di aziende chimiche e il cambio della formulazione chimica sul composto base effettuato da parte del produttore hanno portato ad interessanti sviluppi in termini di qualità; ci si può aspettare in futuro che da parte di grosse e serie aziende produttrici vengano proposte sul mercato tubazioni realizzate con questo materiale che consentono installazioni impiantistiche salvaguardano opportunamente l'aspetto affidabilità.





**RDZ S.p.A.**

**33077 SACILE (PN) - Viale Trento, 101 - Loc. Cornadella**  
**Telefono +39 0434 787511 r.a. - telefax +39 0434 787522**  
*Internet: <http://www.rdz.it> E-mail: [rdzcentrale@rdz.it](mailto:rdzcentrale@rdz.it)*