

TECNOPOLIMERI

La definizione di tecnopolimero è abbastanza arbitraria; un termoplastico viene considerato tale **se possiede il giusto equilibrio di proprietà che lo rendono particolarmente adatto per le applicazioni ingegneristiche.**

Sono stati scelti come appartenenti a questa famiglia :

- ❖ **Poliammidi,**
- ❖ **policarbonati,**
- ❖ **resine a base di fenilenossido,**
- ❖ **resine acetaliche,**
- ❖ **poliesteri termoplastici,**
- ❖ **polisolfoni,**
- ❖ **polifenilesolfuro,**
- ❖ **polietereimmidi.**

TECNOPOLIMERI

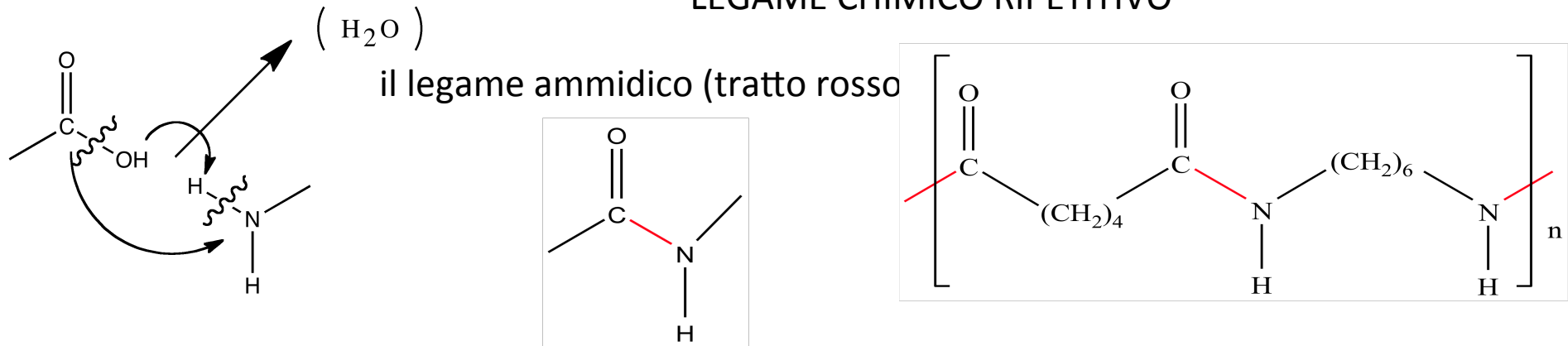
Materiale	Densità (g/cm³)	Resistenza alla Trazione (MPa)	Resistenza all'Impatto (J/m)	Rigidità dielettrica (V/m)	Max temperatura di utilizzo (°C)
Nylon 6,6	1.13 – 1.15	62 – 83	220	15200	82 – 150
Poliacetale	1.42	69	75	12600	90
Policarbonato	1.2	62	640 – 840	15000	120
PET	1.37	72	43	-	80
PBT	1.31	55 – 57	64 – 70	23200 – 27600	80
Polifenilenossido	1.06 – 1.10	54 – 66	270	15800 – 19700	80 – 105
Polisolfone	1.24	70	64	16700	150
Polifenilesolfuro	1.34	69	16	23400	260

- Le **densità** dei tecnopolimeri sono **relativamente basse** e variano da 1,06 a 1,42 g/cm³
- La **resistenza a trazione è relativamente bassa** (55 - 83 MPa)
- La **resistenza agli urti invece dipende molto dal composto in esame** e va dagli alti valori del policarbonato (640 - 850 J/m) ai bassi del polifenilesolfuro (16 J/m)
- La **capacità d'isolamento elettrica è alta** come la maggior parte delle materie plastiche e varia da 12,6 a 27,7 V/mm
- Le massime **temperature di utilizzo variano da 82 - 260 °C**

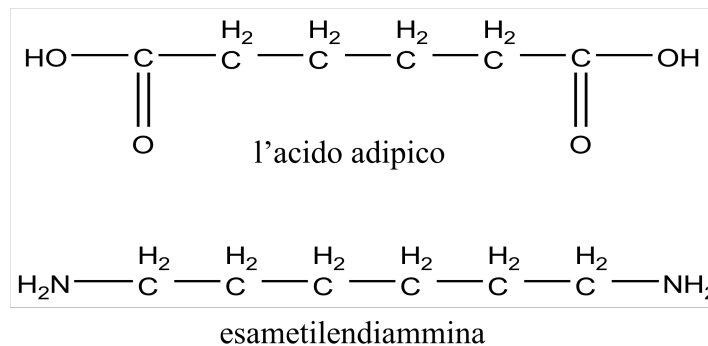
I tecnopolimeri hanno una **buona resistenza alla corrosione in molti ambienti**. In alcuni casi i tecnopolimeri **hanno una resistenza eccellente agli agenti chimici molto aggressivi**; non sono noti ad esempio solventi per il polifenilesolfuro al di sotto di 200 °C

POLIAMMIDI (NYLON)

LEGAME CHIMICO RIPETITIVO



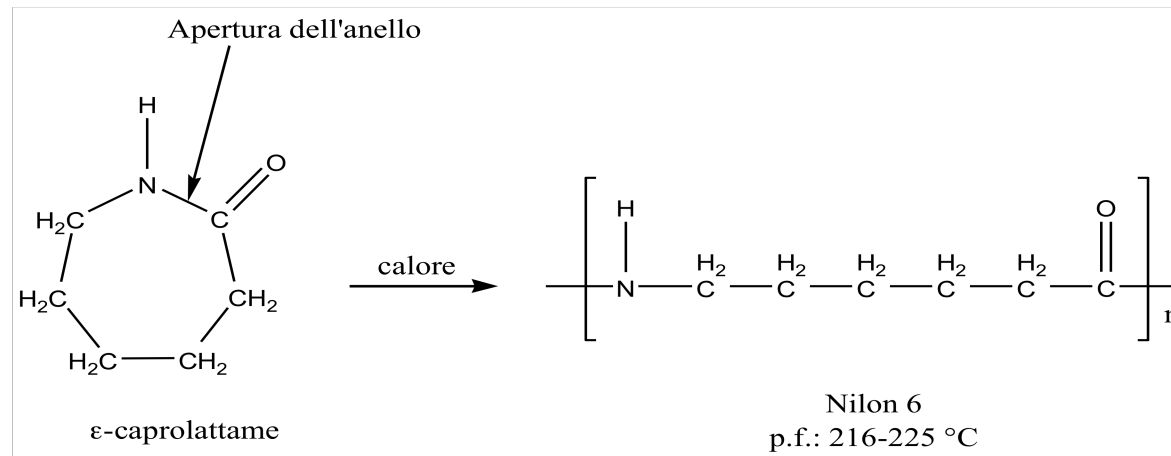
Il nylon 6,6, che è il più importante della famiglia dei nylon



Altri importanti nylon commerciali sono il nylon 6,9 - 6,10 - 6,12 nei quali al posto dell'acido adipico (6 atomi di C), la esametildiammina reagisce con **l'acido azelaico (9 atomi di C)**, **sebacico (10 atomi)** e **dodecandioico (12 atomi)**

TECNOPOLIMERI nylon

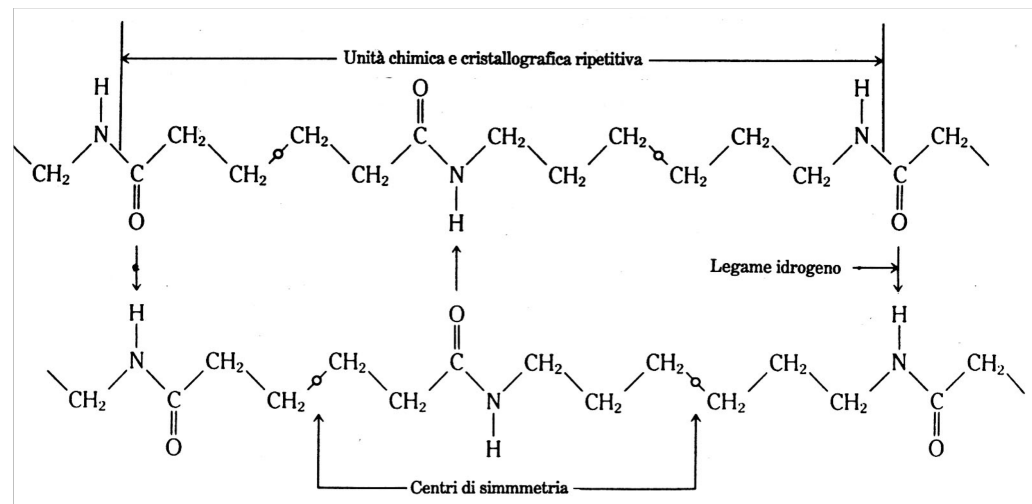
I nylon possono anche essere prodotti attraverso la polimerizzazione a catena di composti ciclici che contengono entrambi i gruppi di acido organico (C=O) e amminico (N-H)



Le poliammidi o nylon sono termoplastici lavorabili per fusione in cui la struttura della catena principale contiene un gruppo ammidico ripetitivo; mostrano eccezionali capacità di:

- **sopportare carichi ad elevate temperature,**
- **buona tenacità,**
- **proprietà antifrizione**
- **buona resistenza chimica.**

Le proteine come la seta, della quale il nylon è spesso diventato un sostituto, sono anch'esse delle poliammidi. **Questi gruppi ammidici sono molto polari e possono legarsi tra loro con legami idrogeno.** Per questo motivo, e grazie al fatto che la catena principale del nylon è così regolare e simmetrica, i nylon sono spesso cristallini, e formano delle fibre molto buone.



TECNOPOLIMERI nylon

LAVORAZIONE.

La maggior parte dei nylon vengono processati con i **metodi convenzionali di stampaggio a iniezione o estrusione.**

APPLICAZIONI.

I nylon vengono utilizzati per quasi tutti i tipi di applicazioni industriali;
Dalla **produzione di ingranaggi non lubrificati, cuscinetti e componenti antifrizione,**
componenti meccanici che devono funzionare ad alta temperatura e resistere agli
idrocarburi e ai solventi.

Nel campo automobilistico sono di nylon **i meccanismi per tachimetri e tergicristalli;** il
nylon rinforzato con fibre di vetro è usato per pale delle ventole di raffreddamento,
serbatoi per i fluidi dei freni, coperchi di valvole, alloggiamenti della colonna dello
sterzo.

Le applicazioni elettriche prevedono connettori, spine, isolanti e sostegni per antenne.

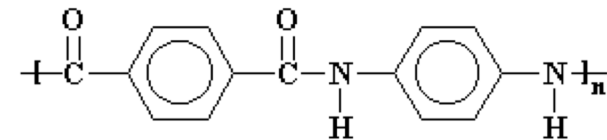
Si usa il nylon anche per l'imballaggio industriale.

LE ARAMIDI (Kevlar e Nomex)

Le aramidi, il cui nome deriva dalla contrazione di “Ammidi Aromatiche”, sono una famiglia di nylons, compresi Nomex e Kevlar

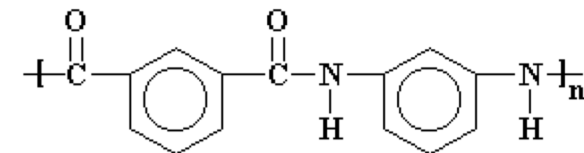
Il Kevlar è un poliammide nel quale tutti i gruppi ammidici sono separati da gruppi parafenilenici

LEGAME CHIMICO RIPETITIVO



Nel Kevlar i gruppi aromatici sono collegati nella catena di base nelle posizioni 1 e 4. Questo viene detto legame para.

Il Nomex, invece, ha gruppi metafenilenici, ovvero i gruppi ammidici sono attaccati all'anello fenilico nelle posizioni 1 e 3



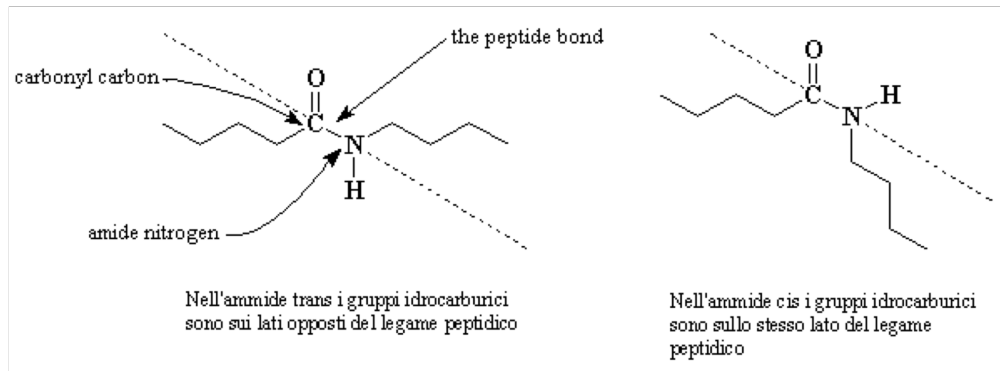
Nel Nomex i gruppi aromatici sono tutti collegati nella catena di base nelle posizioni 1 e 3. Questo viene detto legame meta.

Il Kevlar è un polimero molto cristallino, non si dissolve in nessuna sostanza, e fonde a 500 °C.

Le aramidi vengono usate come fibre, migliori di quelle delle poliammidi non aromatiche, come il nylon 6,6

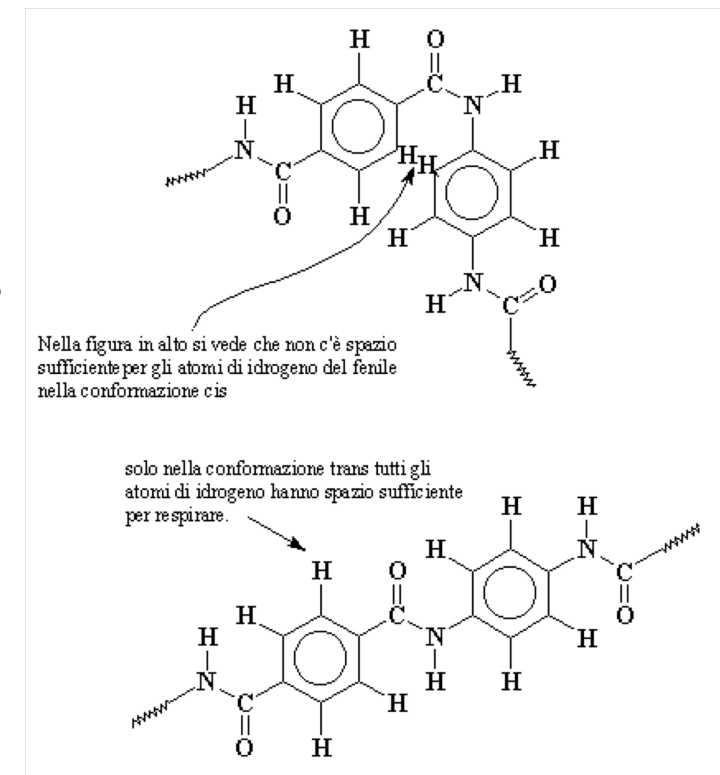
TECNOPOLIMERI

Le ammidi hanno la capacità di mostrare due forme conformazionali diverse,



Kevlar resta completamente nella conformazione trans e quindi forma bellissime fibre .

Anche gli anelli fenilici delle catene adiacenti si accumulano uno sopra l'altro facilmente ed ordinatamente, rendendo il polimero ancora più cristallino e le fibre più forti.



APPLICAZIONI

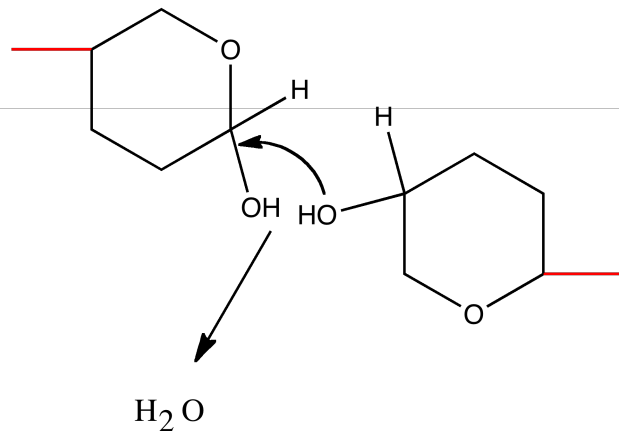
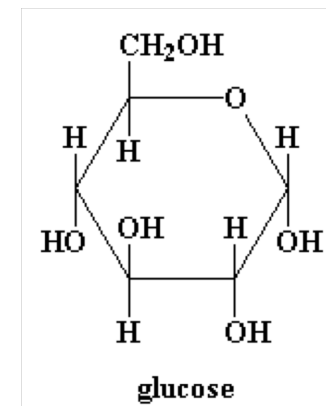
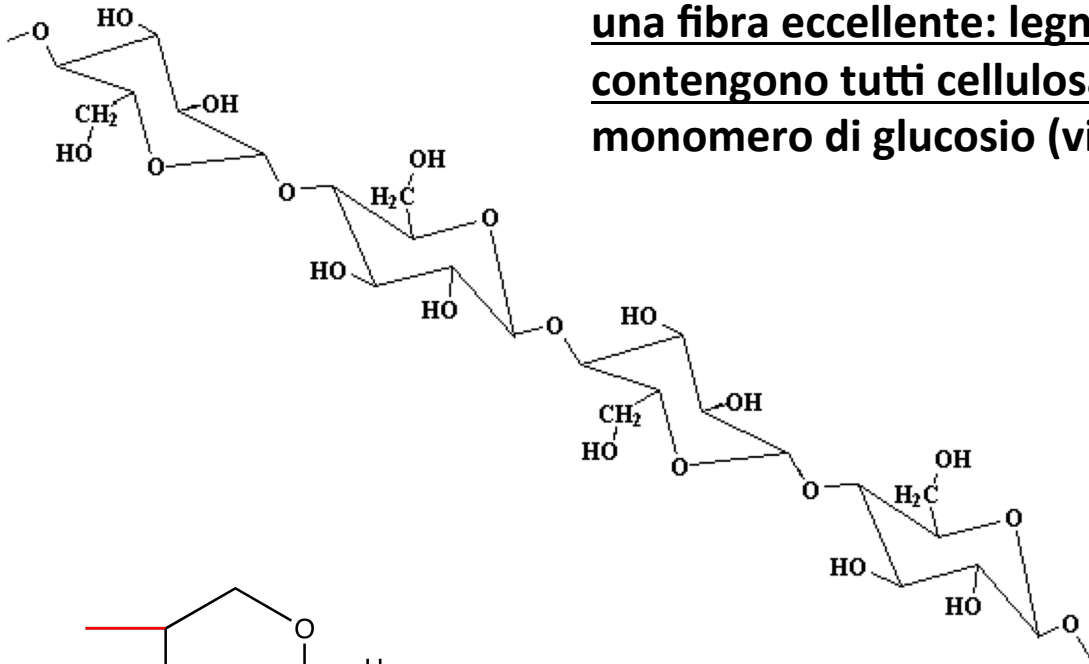
Il Kevlar viene utilizzato per realizzare ad esempio **giubbotti antiproiettile** e **pneumatici per biciclette** resistenti alle forature.

Le miscele di Nomex e Kevlar vengono utilizzate per produrre **indumenti ignifughi**, come quelli in dotazione dei vigili del fuoco.

Abbiamo già visto che esiste un altro polimero che si allunga ancora meglio e si chiama polietilene ad altissimo peso molecolare UHMWPE (ultra high molecular weight polyethylene) che ha sostituito addirittura il Kevlar per la realizzazione di giubbotti anti proiettile!

LA CELLULOSA E SUOI DERIVATI (Rayon)

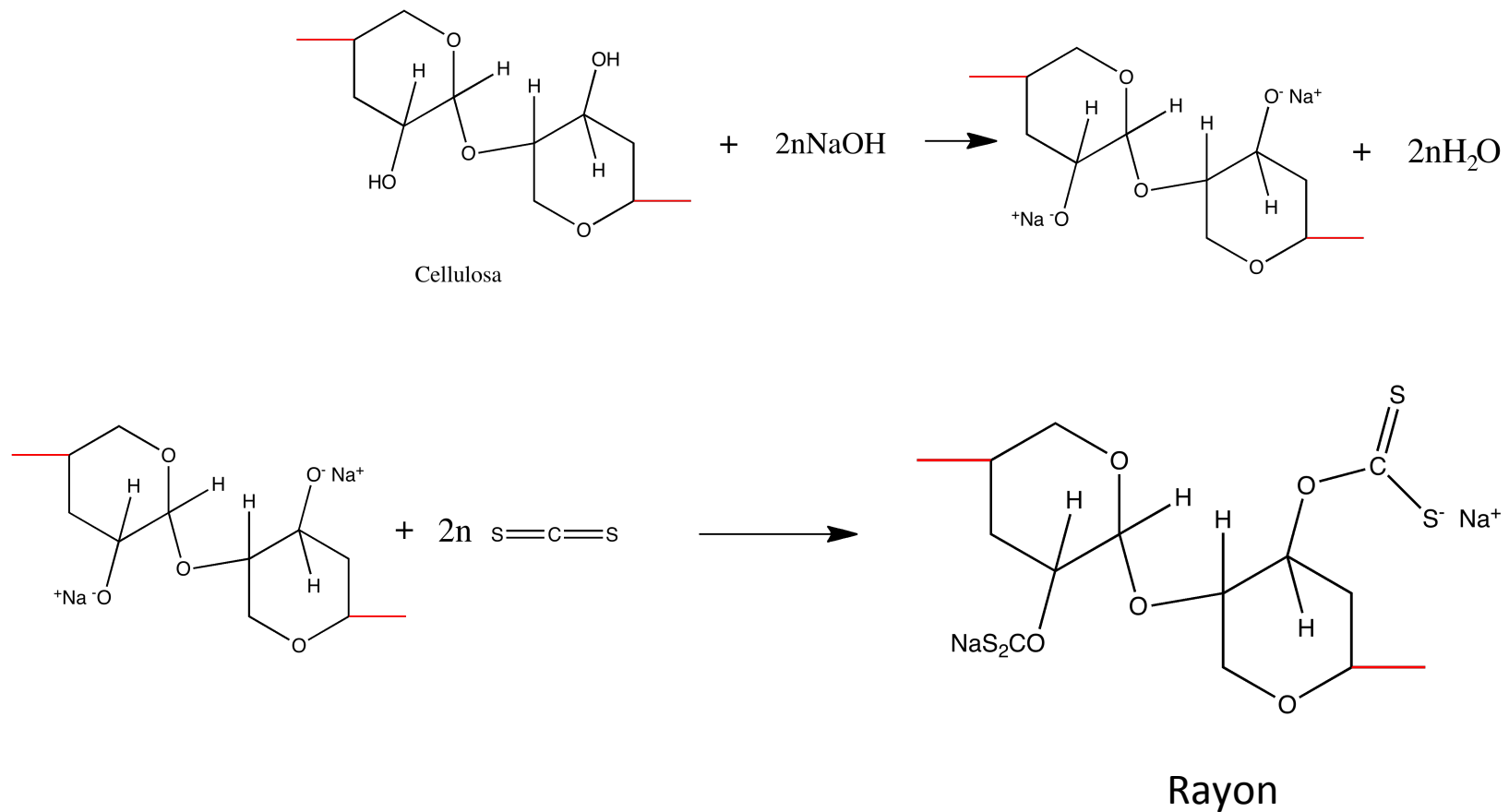
La **cellulosa** è uno dei tanti polimeri che si trovano in natura. **E' una fibra eccellente: legno, lana, canapa, carta e cotone contengono tutti cellulosa.** E' costituita da unità ripetute del monomero di glucosio (viene infatti chiamata polisaccaride).



La cellulosa gioca un ruolo importante nella storia dei polimeri in quanto è stata usata per realizzare alcuni dei primi polimeri sintetici, come il nitrato di cellulosa, l'acetato di cellulosa ed il rayon.

TECNOPOLIMERI

Lo **xantato di cellulosa**, oggi conosciuto come **Rayon**, è un prodotto derivato dalla cellulosa. Esso, lavorato come fibra, presenta filamenti lisci che danno al tessuto un aspetto brillante come la seta.

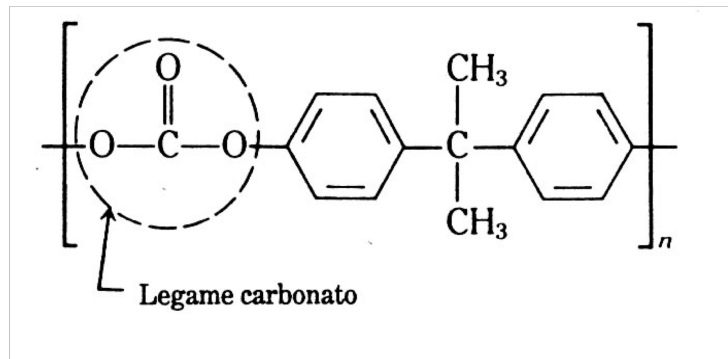


POLICARBONATO “Lexan/Merlon” (P.F. 270 °C)

I polycarbonati costituiscono un'altra importante classe di tecnopolimeri, **grazie ad alcune loro proprietà quali una elevata resistenza meccanica, grande duttilità e stabilità dimensionale, sono in grado di soddisfare la maggioranza delle richieste costruttive.**

Sono fabbricati negli stati uniti dalla General Electric con il nome di Lexan e dalla Mobay con il nome di Merlon

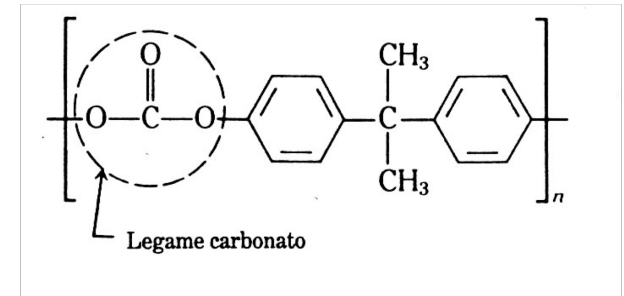
UNITA' STRUTTURALE RIPETITIVA



TECNOPOLIMERI

I policarbonati

STRUTTURA E PROPRIETA'.



I due gruppi fenilici e i due gruppi metilici attaccati sullo stesso atomo di C della catena principale, **provocano un considerevole impedimento sterico e rendono la struttura molecolare molto rigida.**

Tuttavia, i **legami singoli C-O** nel legame carbonato **forniscono una certa flessibilità alla molecola lungo l'intera struttura**, cosa questa che conferisce

- una elevata resistenza agli urti (640 - 850 J/m);
- la resistenza a trazione a temperatura ambiente è particolarmente elevata (62 MPa).

Altre importanti proprietà dei policarbonati sono **l'elevata resistenza alla distorsione termica, le buone proprietà di isolamento elettrico e la trasparenza.**

I policarbonati sono resistenti a numerosi agenti chimici, ma vengono attaccati dai solventi.

La loro elevata stabilità dimensionale li abilita ad essere usati per parti strutturali di precisione dove sono richieste tolleranze strette.

TECNOPOLIMERI

I policarbonati

APPLICAZIONI.

Applicazioni tipiche per i policarbonati includono:

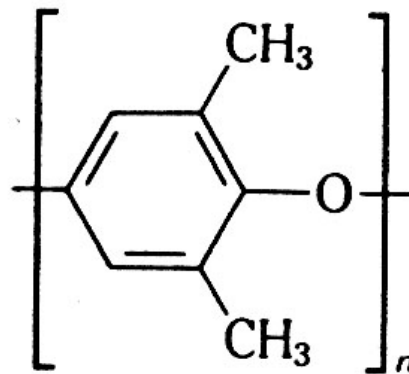
- schermi di protezione,
- camme ed ingranaggi,
- Elmetti,
- coperture per relé elettrici,
- componenti per aerei,
- eliche per imbarcazioni,
- alloggiamenti e lenti per semafori,
- vetrate per finestre e collettori solari,

Il policarbonato è utilizzato per le lenti degli occhiali ultra leggere. Non solo il policarbonato è molto più leggero del vetro ma **ha anche un indice di rifrazione molto più elevato.**

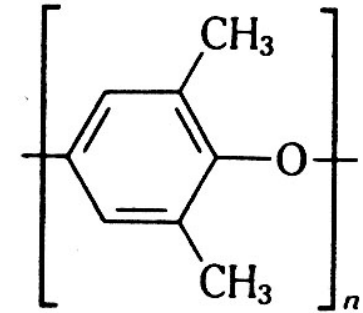
RESINE A BASE DI FENILENOSSIDO

Le resine a base di fenilenossido, indicate con l'acronimo **PPO (Poly Phenyl Oxide)**, formano una classe a se di tecnopolimeri. Si producono, permettendo l'accoppiamento ossidativo di monomeri fenilici.

UNITA' STRUTTURALE RIPETITIVA



TECNOPOLIMERI - PPO (Poly Phenyl Oxide)



STRUTTURA E PROPRIETA'.

La sequenza ripetitiva degli anelli fenilici crea impedimento sterico che si oppone alla rotazione della molecola del polimero e alle attrazioni elettroniche dovute agli elettroni di tipo “p” puro degli atomi di carbonio del gruppo fenilico. Questi fattori portano ad un materiale con:

- alte caratteristiche di rigidità,
- resistenza meccanica,
- resistenza chimica a molti agenti ambientali,
- stabilità dimensionale e resistenza alla distorsione termica.

Tra i principali vantaggi applicativi delle resine a base di polifenilenossido vi sono le **eccellenti proprietà meccaniche stabili in un ampio intervallo di temperature (-40 : 150 °C)**, **il basso assorbimento di acqua**, **eccellenti proprietà antiurto** e buone proprietà dielettriche.

APPLICAZIONI.

Le tipiche applicazioni per queste resine sono:

- connettori elettrici,
- sintonizzatori televisivi,
- bobine di deflessione magnetica,
- cruscotti di autoveicoli, griglie e parti esterne.

“Noryl™”

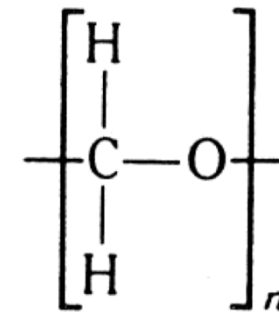
Il PPO spesso è utilizzato in miscele con polistirene antiurto (HIPS). La miscela PPO-HIPS rende il PPO più processabile ed aggiunge al PPO una certa resilienza.

La General Electric produce dei blend PPO/HIPS e li commercializza sotto il nome di Noryl™.

ACETALI Poliossimetilene (P.F. 175 °C)

UNITA' STRUTTURALE RIPETITIVA

Gli acetalì rappresentano una tra le classi di termoplastici con migliore **resistenza meccanica** (resistenza a trazione 70MPa) e **rigidità** (modulo di resistenza a flessione 3GPa);

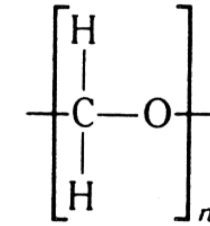


Poliossimetilene

Hanno inoltre:

- ottima resistenza a fatica e buona stabilità dimensionale
- bassi coefficienti di attrito,
- buona lavorabilità,
- buona resistenza ai solventi

ed un'alta resistenza al calore fino a 90 °C in assenza di carico



STRUTTURA E PROPRIETA'.

La regolarità, simmetria e flessibilità delle molecole polimeriche degli acetali, danno origine ad un materiale polimerico molto regolare che giustificano le proprietà precedentemente viste.

Gli acetali hanno **grande resistenza a carichi continui nel tempo** e di **stabilità dimensionale**, quindi **possono essere utilizzati per parti di precisione come ingranaggi, cuscinetti e camme**.

Attualmente in produzione ci sono un omopolimero e un copolimero; il primo ha superiori qualità di rigidità e resistenza, mentre il secondo è più adatto per quelle applicazioni prolungate nel tempo, a temperature più elevate.

Gli acetali sono infiammabili, per cui il loro utilizzo per applicazioni elettriche è molto limitato.

Gli acetali hanno sostituito molti metalli quali lo zinco, l'ottone, l'alluminio grazie al loro basso costo. Dove non è richiesta l'elevata resistenza propria dei metalli, i costi di finitura e assemblaggio possono essere enormemente ridotti o del tutto eliminati usando gli acetali.

Nel settore automobilistico gli acetali sono utilizzati:

- per la realizzazione di componenti del sistema di alimentazione del combustibile,
- per cinture di sicurezza e per le maniglie dei finestrini.

Le applicazioni meccaniche comprendono anche accoppiamenti con materiali metallici, come per esempio

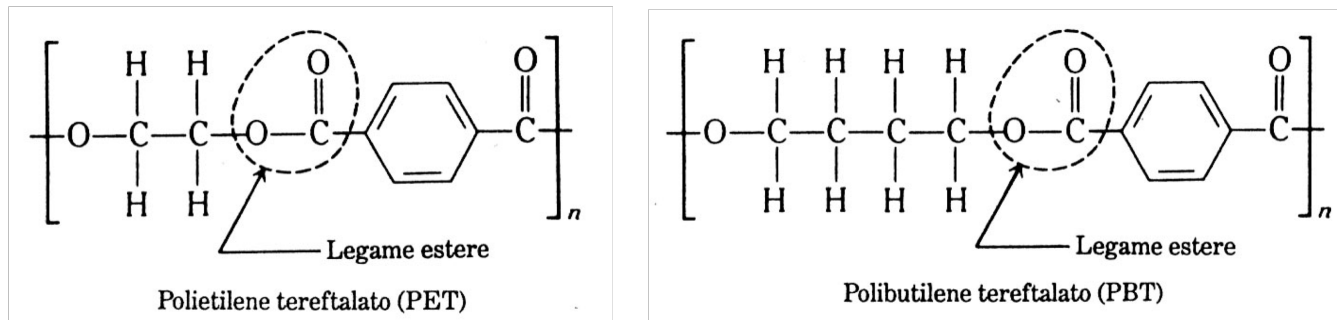
- giranti di pompe,
- ingranaggi e alloggiamenti.

Sono largamente impiegati in prodotti di consumo come chiusure-lampo, rocchetti per i mulinelli da pesca e penne per scrivere.

POLIESTERI TERMOPLASTICI

Due importanti tecnopolimeri di questa famiglia sono:
il **polietilentereftelato (PET)** e il **polibutilentereftalato (PBT)**

UNITA' STRUTTURALE RIPETITIVA

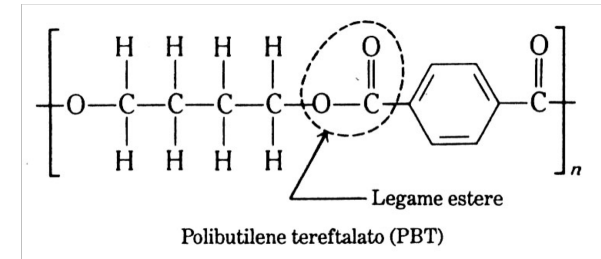
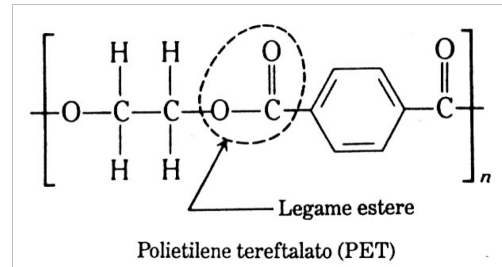


Il **PET** è largamente utilizzato per **pellicole di imballaggio degli alimenti**, per la produzione di **bottiglie per uso alimentare** e come **fibra per abiti, tappeti e pneumatici**.

Il **PBT** che ha una unità ripetitiva lungo la catena principale di maggior peso, è stato utilizzato da sempre per **sostituire resine termoindurenti e metalli**.
Il suo principale vantaggio è il costo molto basso.

TECNOPOLIMERI

Poliesteri polietilentereftelato (PET) e polibutiltereftalato (PBT)



STRUTTURA E PROPRIETA'.

I gruppi estere nella catena del poliestere sono **polari**, l'atomo di ossigeno carbonilico ha una carica negativa ed il carbonio carbonilico ha una carica positiva.

Le cariche positive e negative dei diversi gruppi esteri si attraggono l'una con l'altra. Questo permette una elevata cristallinità, ed è il motivo per cui formano **fibresistenti**.

I gruppi fenilici, che sono presenti insieme ai gruppi carbonilici nelle catene polimeriche, formano unità voluminose di tipo planare. Questa struttura regolare è in grado di determinare una alta percentuale di cristallizzazione.

La struttura degli anelli fenilici conferisce, come sappiamo, elevata rigidità al materiale, mentre le unità butileniche o etileniche permettono la mobilità della molecola attorno ai legami σ tra gli atomi di C; questa lieve mobilità è fondamentale per assicurare una migliore lavorabilità del polimero fuso.

TECNOPOLIMERI

APPLICAZIONI

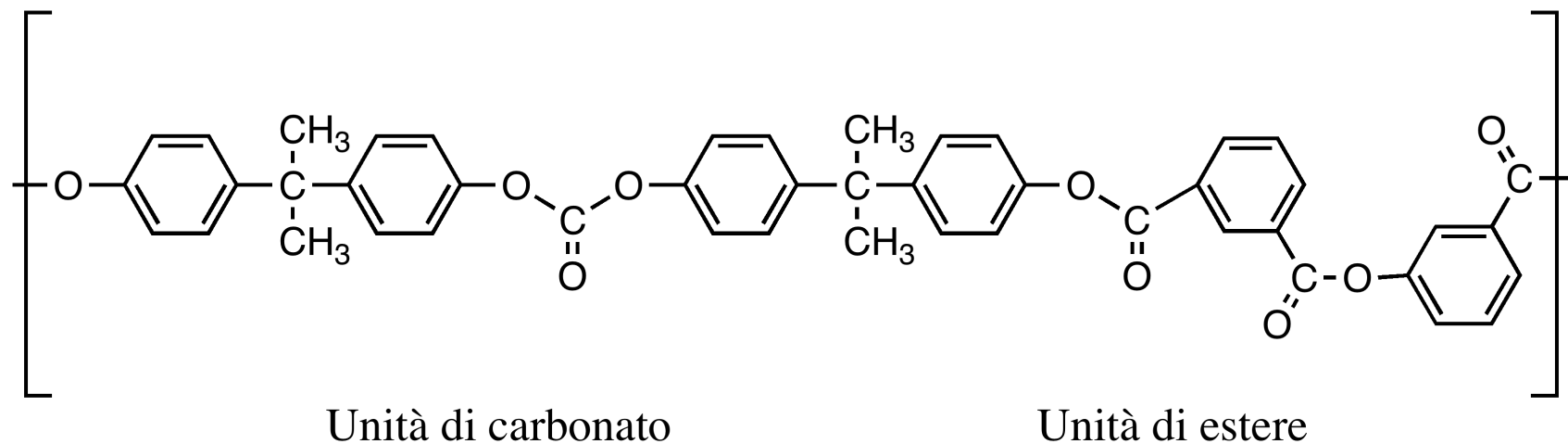
Il PET ha una temperatura di transizione vetrosa troppo bassa mentre l'aggiunta di polietilennaftalato o PEN, gli fa innalzare di molto tale temperatura.

Il PBT è caratterizzato da un'ottima resistenza meccanica a trazione (52 MPa), la proprietà migliora tantissimo se viene rinforzato con il 40% di fibre di vetro (130 Mpa).

Le resine poliestere termoplastiche hanno anche caratteristiche di basso assorbimento di umidità; la struttura cristallina rende questi materiali resistenti alla maggior parte delle sostanze chimiche; hanno buone proprietà di isolamento elettrico.

POLIARILATI (PAR) una famiglia dei poliesteri

I poliarilati (PAR) sono costituiti da condensati termoplastici di poliestere aromatico puro e poliesterecarbonato. **Un esempio di struttura è**



TECNOPOLIMERI poliarilati (PAR)

STRUTTURA E PROPRIETA'.

Essi **sono trasparenti** e le loro caratteristiche meccaniche ed elettriche, e la loro resistenza chimica sono analoghe a quelle dei policarbonati.

Sono disponibili in formulazioni adatte per il contatto con i generi alimentari.

I PAR sono sterilizzabili la loro temperatura di impiego prolungato è di 150 °C;
essi sono intrinsecamente difficilmente infiammabili, sono molto resistenti ai raggi UV e adatti all'impiego esterno, anche senza stabilizzanti

APPLICAZIONI.

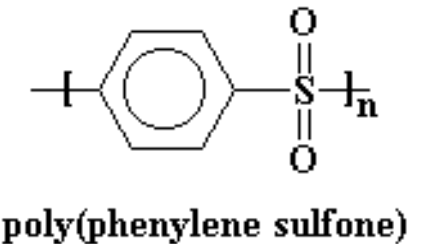
I PAR vengono impiegati dove la temperatura di deformazione al calore dei policarbonati non è sufficiente come ad esempio

- nei pannelli per fornelli da cucina,
- parti di asciugacapelli,
- forni a microonde,
- parti di lampade e riflettori

POLISOLFONI (P.F. 315 °C)

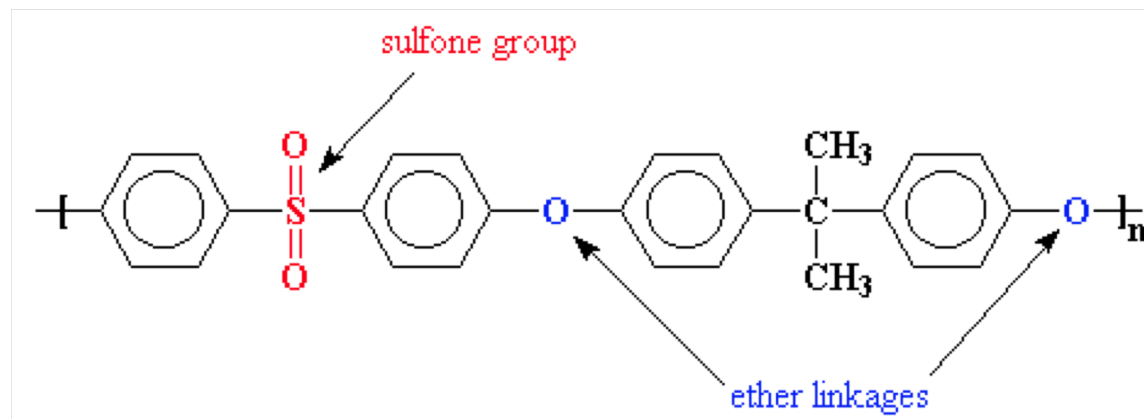
STRUTTURA E PROPRIETA'.

Gli anelli fenilici limitano, come ormai sappiamo bene, la rotazione delle catene polimeriche e originano forti attrazioni intermolecolari che forniscono al materiale resistenza meccanica e rigidità elevate. Il **polifenilsulfone non ha temperatura di transizione vetrosa ma si decompone a circa 500 gradi °C.**

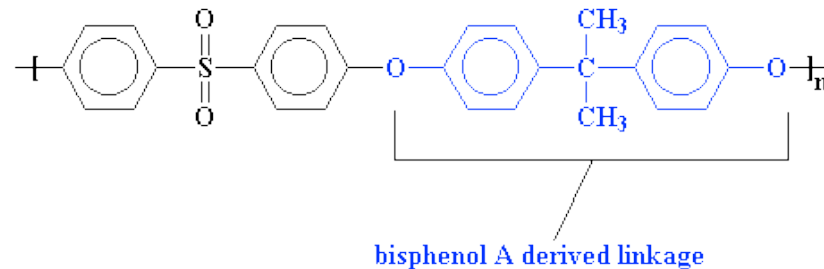


Per questo motivo vengono preparati i **poli-etere-solfoni**. Sono materiali dotati di **alte prestazioni**, caratterizzati da proprietà di **trasparenza** e **tenacità**, con **alta resistenza meccanica**, e sono inoltre dotati di **buona resistenza alle alte temperature**. I poli-etere-solfoni resistono bene all'acqua ed al vapore, e sono quindi usati per produrre utensili da cucina ed i prodotti medicali, che necessitano di sterilizzazione.

UNITA' STRUTTURALE RIPETITIVA



Per renderli processabili bisogna dare alla catena più flessibilità mettendo dei gruppi nello scheletro della catena, detti ponti eterei (ether linkages).



Gli anelli fenilici limitano, come ormai sappiamo bene, la rotazione delle catene polimeriche e originano forti attrazioni intermolecolari che forniscono al materiale resistenza meccanica e rigidità elevate.

Gli atomi di ossigeno in posizione para rispetto al gruppo solfonico dell'anello fenilico forniscono elevata stabilità all'ossidazione.

Gli atomi di ossigeno tra gli anelli fenilici (ponti etere), determinano la flessibilità e la resistenza agli urti della catena.

APPLICAZIONI.

Le applicazioni elettriche ed elettroniche comprendono:

- connettori,
- supporti e anime per bobine,
- componenti televisivi,
- rivestimenti per condensatori,
- piastre per circuiti.

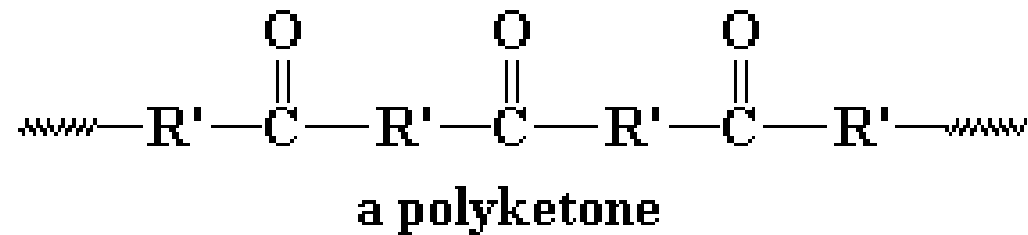
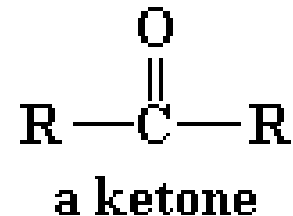
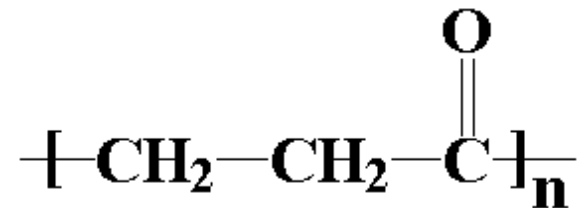
La resistenza del polisolfone alla sterilizzazione in autoclave lo rende largamente usato per strumenti medici e bacinelle.

Nelle apparecchiature chimiche di controllo il polisolfone è utilizzato per tubature resistenti alla corrosione, pompe e filtri.

POLICHETONI

Il polichetone è un polimero recentemente sviluppato caratterizzato da un gruppo chetonico nella catena principale. La Shell ha messo sul mercato questa famiglia di polimeri sotto il nome Carilon.

UNITA' STRUTTURALE RIPETITIVA

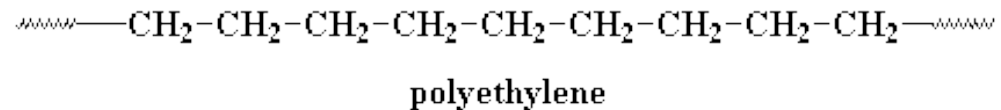
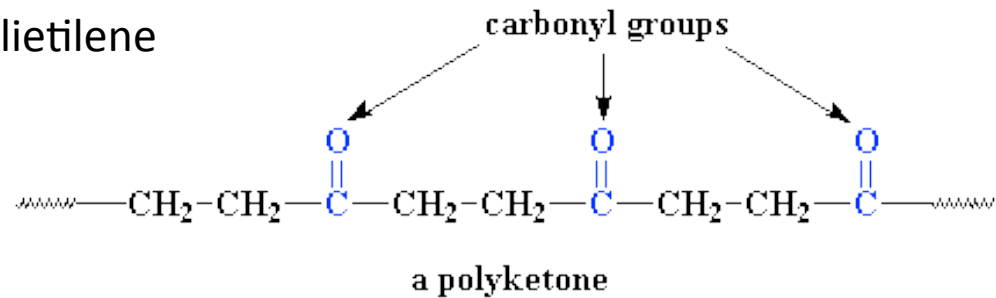


TECNOPOLIMERI

polichetone

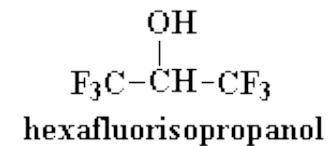
STRUTTURA E PROPRIETA'

Confronta un polichetone con un polietilene



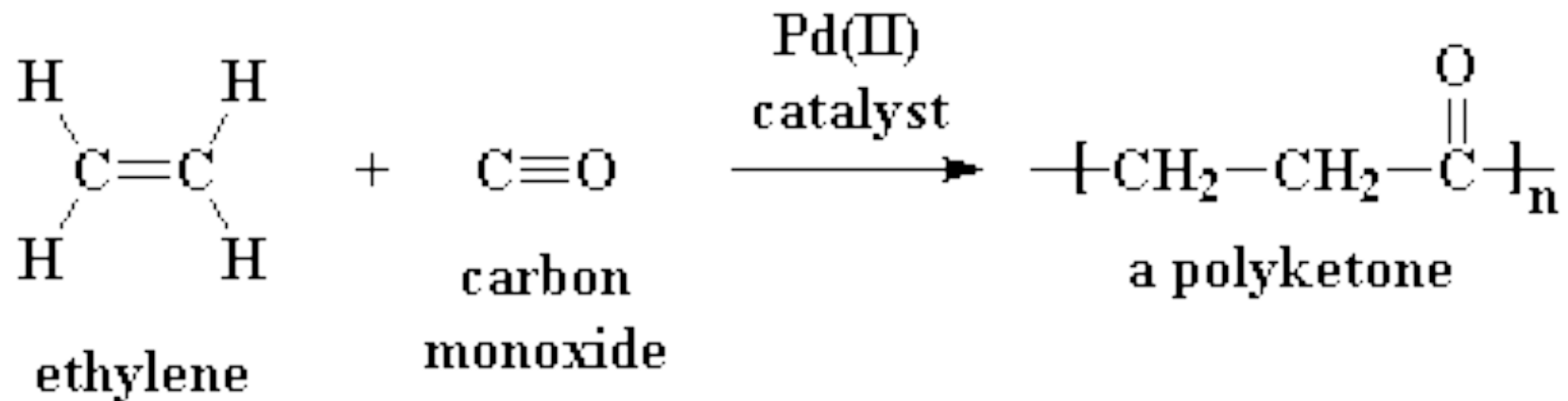
Questa attrazione è così forte che mentre il polietilene fonde a soli 140°C, il polichetone fonde a 255°C .

Questi polichetoni presentano un'altra proprietà interessante. **Non si sciolgono in alcuna sostanza.** Per scioglierli è necessario utilizzare un particolare solvente quale l'esafuoroisopropanolo.



TECNOPOLIMERI
polichetone

Ciò che rende i polichetoni speciali è la loro reazione di
sintesi

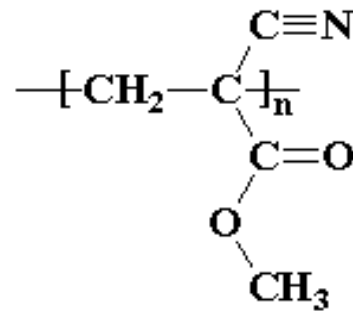


I monomeri economici, e la chimica semplice rendono i polichetoni decisamente più convenienti di altri tipi di superpolimeri

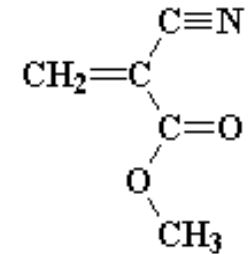
POLICIANOCRILATI (Colle cianoacriliche)

I policianoacrilati sono dei polimeri sintetici ed eccellenti adesivi, grazie alla loro capacità di essiccare velocemente.

UNITA' STRUTTURALE RIPETITIVA

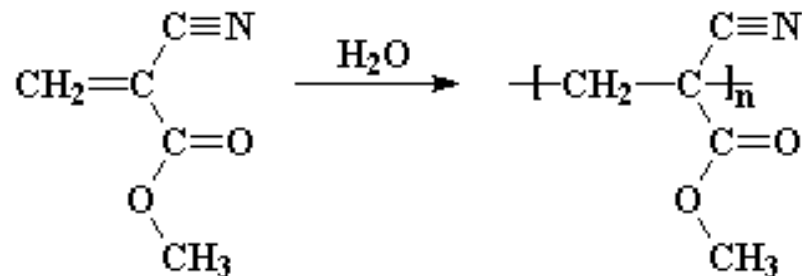


I tubi di super colla contengono, ad esempio, un cianoacrilato monomero, come questo metilcianoacrilato:



methyl cyanoacrylate

Quando il monomero entra in contatto della superficie da incollare, questo reagisce secondo una polimerizzazione anionica vinilica. L'acqua che è dispersa nell'aria o che si trova in piccole tracce sulla superficie da incollare agisce da iniziatore di reazione.



Questa reazione avviene in pochi secondi per dare policianoacrilati (poli-metilcianoacrilato nell'esempio)

TECNOPOLIMERI

I policianoacrilati hanno un'altra utile proprietà: non sono tossici e si legano perfettamente alla pelle.

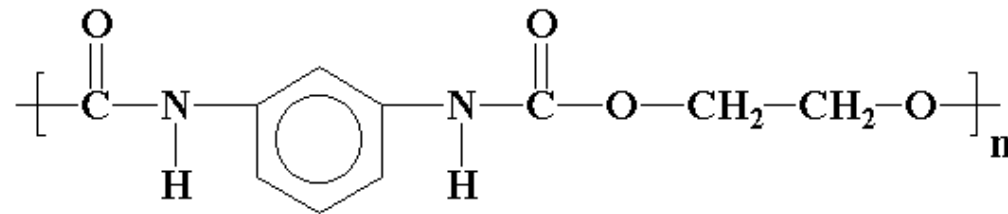
Normalmente per scopi medici si usano policianoacrilati con un gruppo alchil estere più lungo di quello che si trova nelle super colle.

Questo perché i policianoacrilati con gruppi alchil estere corti, come il gruppo metile, possono irritare la pelle mentre le catene più lunghe non hanno questo effetto.

I POLIURETANI

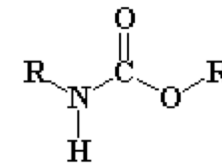
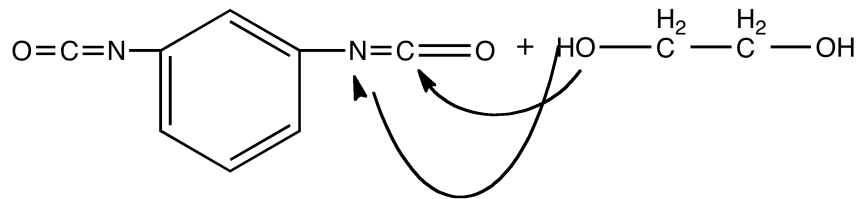
I poliuretani sono i polimeri più conosciuti per fare le schiume

UNITA' STRUTTURALE RIPETITIVA

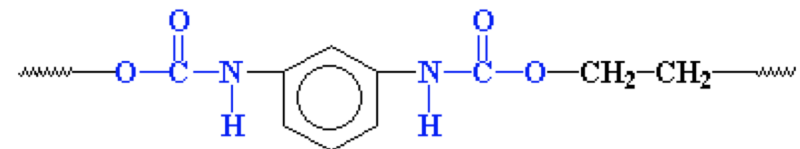


Rappresentano la famiglia di polimeri più versatile che ci sia. Possono essere **elastomeri, vernici, fibre e adesivi**.

I poliuretani sono creati dalla reazione dei diisocianati con i dialcoli



a urethane



Quelli in blu sono i legami uretanici nel poliuretano

TECNOPOLIMERI

A volte il dialcool è sostituito con una diammina e il polimero che si ottiene è una poliurea, poichè contiene un legame ureico, piuttosto che un legame uretanico.

