

I POLIMERI E LE FIBRE

"Fibra tessile"

(il D. Lgs.194/99 riscrive la L. 883/73 e modifiche)

- a) un elemento caratterizzato da flessibilità, finezza ed elevato rapporto tra lunghezza e dimensione trasversale massima, che lo rendono atto ad applicazioni tessili;
- b) le lamelle flessibili o i tubi di larghezza apparente non superiore a 5 mm, comprese le lamelle tagliate da lamelle piu' larghe o da film, fabbricati a base di sostanze che servono per ottenere le fibre di cui all'allegato I, numeri da 19 a 41 e atti ad applicazioni tessili; la larghezza apparente e' quella della lamella o del tubo in forma piegata, appiattita, schiacciata o torta o, nel caso di larghezza non uniforme, quella media.

La distinzione tradizionale:

fibre naturali (animali, vegetali e minerali)
artificiali (da polimeri di origine biologica)
sintetiche (da polimeri di sintesi).

Oggi si preferisce parlare di fibre naturali
e di fibre chimiche o man-made.

Macromolecole e polimeri

Le fibre tessili sono costituite da un intreccio, che può essere enormemente complesso, di elementi più semplici; questi sono a loro volta formati da fasci di molecole molto allungate (a forma di filamento).

Queste lunghissime molecole, quasi sempre di natura *organica* (=formate principalmente da carbonio) sono dei *polimeri*, cioè delle catene formate da un grande numero di piccole unità - uguali o diverse le une dalle altre - che vengono definite *monomeri*.

P. es.: lana e seta sono formate da monomeri di molti tipi (*amminoacidi*) uniti fra loro in modo complesso, e tale da determinare una struttura tridimensionale di suggestiva bellezza.

Le poliammidi hanno una struttura di base affine a lana e seta, ma molto più semplice; la regolarità delle fibre sintetiche è fra l'altro importante per i loro impieghi tecnici.

FIBRE NATURALI

ANIMALI
continue e discontinue

da seritteri
(bave continue)

seta

tussah

da bulbipiliferi
(filamenti discontinui)

lane

pele

crine

VEGETALI
discontinue

da seme

cotone

kapok

da libro

lino

canapa

juta

kenaf

ramiè

da foglia

abaca

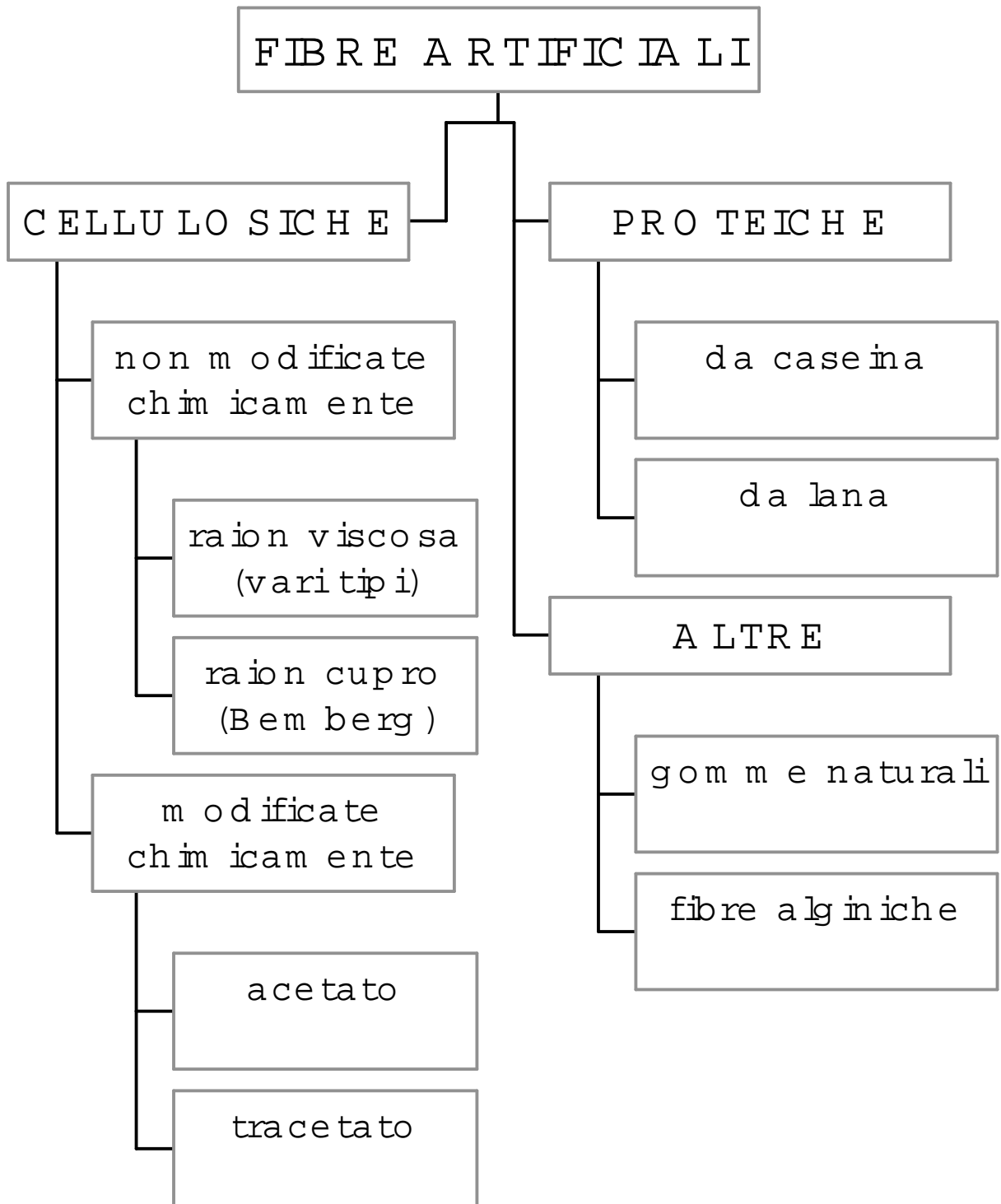
sisal

da frutto

cocco

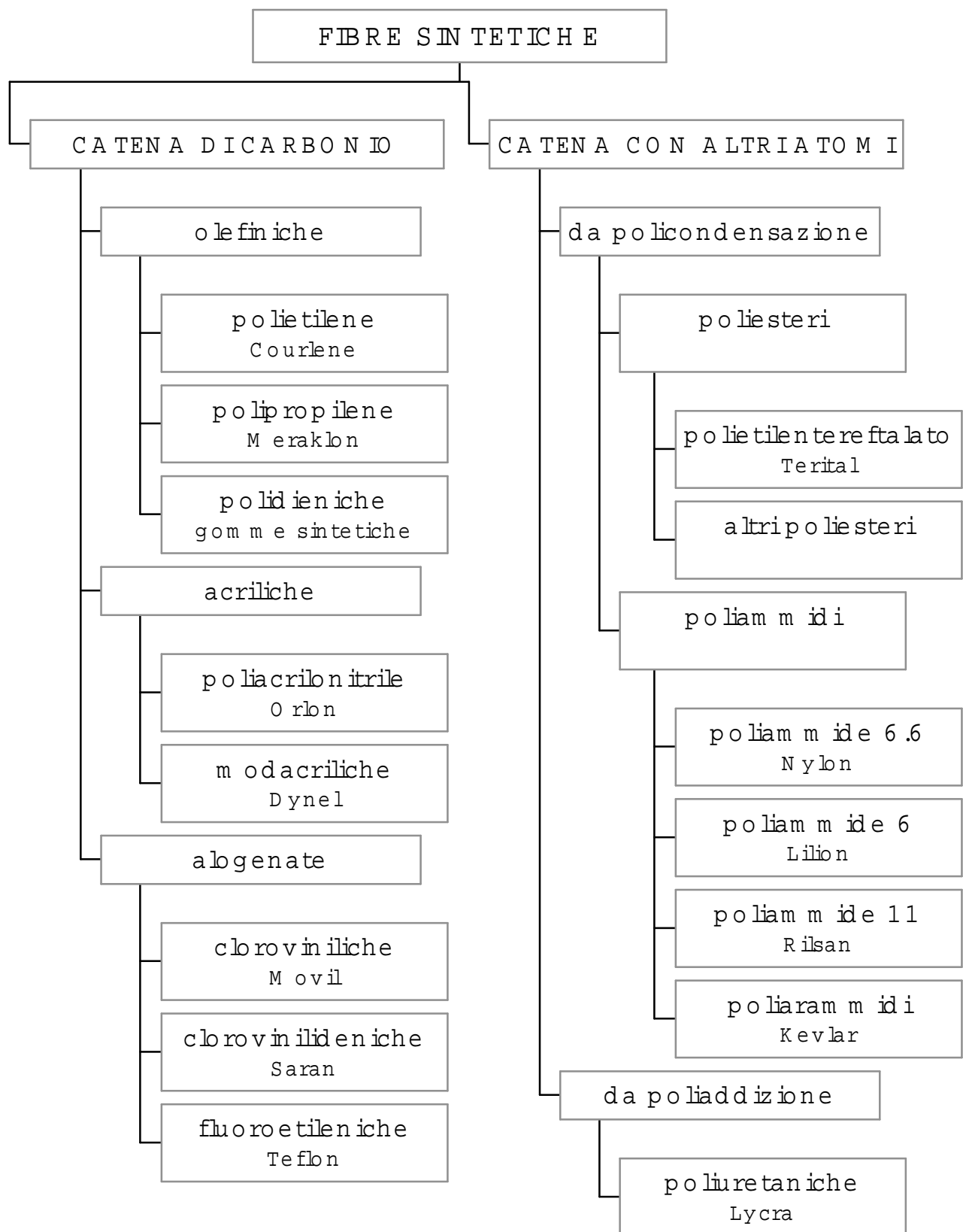
MINERALI
discontinue

(amianto)



Dalla fine del XIX secolo sono state proposte molte tecniche per ottenere masse filabili, utilizzando materiali di origine naturale.

Le sole che abbiano ancora oggi una notevole importanza commerciale sono le fibre cellulosiche



Dall'inizio del XX secolo sono state prodotte un numero enorme di fibre derivate da polimeri e copolimeri, più o meno modificati. L'elenco è largamente incompleto. I marchi commerciali indicati come esempio sono fra quelli storicamente più noti sul mercato italiano

FIBRE SINTETICHE

Elementi di tecnologia - filatura

Le tecniche di produzione delle fibre sintetiche e di quelle artificiali si basano tutte sull'estrusione di una massa fluida attraverso una filiera (matrice microforata).

Le filiere possono avere da uno a molte centinaia di ugelli la sagoma degli ugelli può essere circolare, poligonale, trilobata, irregolare in funzione delle caratteristiche geometriche desiderate per le singole bavelle.

E' possibile ottenere anche fibre cave che trovano alcune applicazioni anche in campo tessile, ma sono principalmente usate per membrane industriali

La massa fluida da estrudere può essere

- una soluzione / dispersione
- una fusione
- un gel (per alcune fibre speciali).

Diverse risultano le tecniche di coagulo che permettono di realizzare il filo mono o pluribava pronto per le successive lavorazioni.

Gli schemi fondamentali sono:
coagulo a secco, a umido
e per fusione/solidificazione

FIBRE SINTETICHE

Elementi di tecnologia - filatura

Il coagulo a secco è tipico delle masse rese fluide per soluzione o dispersione in un solvente volatile.

Un getto di aria calda allontana il solvente dalle bavelle appena rapprese che completano la solidificazione durante lo stiro. In alcuni casi può essere previsto un risciacquo.

Fra le fibre filate a secco troviamo:

- acetato e triacetato
- alcune acriliche e modacriliche
- alcune poliuretatiche
- diverse fibre tecniche

Il coagulo a umido è tipico delle masse rese fluide per soluzione o dispersione in un solvente non volatile, o coagulate per precipitazione.

Le bavelle attraversano il bagno (i bagni) che hanno tipicamente composizione acquosa eventualmente in presenza di acidi, elettroliti etc.

Prima della finitura è necessario un risciacquo.

Fra le fibre filate a umido troviamo:

- viscosa, cupro, lyocell
- aramidiche
- alcune acriliche e modacriliche
- alcune poliuretatiche

FIBRE SINTETICHE

Elementi di tecnologia - filatura

Il coagulo dopo fusione si presta per le fibre termoplastiche che la sopportino senza alterazioni nella struttura molecolare.

Un getto di aria fredda causa il congelamento delle bavelle appena estruse.

Il processo da gel ne è una derivazione combinata in alcuni casi con una fase ad umido.

Fra le fibre filate per fusione troviamo:

- poliammidiche
- poliestere
- poliolefiniche (alogenate e no)

In tutti i casi

è necessario che la massa filata venga filtrata onde evitare il deposito di scorie nelle filiere e degasata per evitare bolle d'aria che possono causare la rottura della bava o scarse proprietà meccaniche
eliminare O₂ è importante per le fibre facilmente ossidabili.

Nel caso dei polimeri disponibili sul mercato come commodities questi sono preparati a parte in forma di graniglia (chips) o scaglie (flakes) e spesso lavorati presso aziende diverse dal produttore.

Talune filiere sono concepite per coestrudere due diverse mescole una a fianco dell'altra, oppure disposte a corone concentriche.

FIBRE SINTETICHE

Elementi di tecnologia - stiro e coagulazione

Le fibre difficilmente (o non) tingibili vengono spesso colorate disperdendo pigmenti nella massa fluida da estrudere.

I pigmenti devono avere particelle finissime e non agglomerarsi in grumi.

Con la stessa tecnica possono essere incorporati additivi speciali come p. es. biocidi

si prestano bene soprattutto le fibre filate a secco o a umido perchè le alte temperature possono decomporre gli additivi.

Le bavelle appena formate e rapprese mantengono in genere una elevata plasticità che viene persa per l'allontanamento dei sistemi solventi o per il progressivo indurimento seguente al congelamento.

Lo stiro serve a rendere parallele le molecole sviluppando al massimo la formazione di zone cristalline e diminuendo la deformabilità successiva delle fibre.

In alcuni casi l'orientamento è tanto completo da rendere difficoltose le operazioni tintoriali e tessili.

Ad esso può seguire la testurizzazione a caldo e l'eventuale taglio in fiocco.

La formazione del filo e la roccatura possono essere svolte subito oppure in tempi successivi.

Il trattamento con antistatici o oli di filatura facilita la lavorazione delle fibre poco conduttrici.

FIBRE SINTETICHE

Elementi di tecnologia - polimerizzazione

La polimerizzazione dei monomeri usati per produrre ad esempio le fibre può avvenire secondo diversi principi.

La polimerizzazione in massa prevede l'avvio del processo direttamente nel monomero liquido o gassoso

Se il monomero liquido è solvente del polimero l'operazione è particolarmente vantaggiosa, presenta tuttavia notevoli difficoltà pratiche.

Tipici prodotti: PA, PET.

La polimerizzazione in soluzione utilizza un solvente inerte nel quale sia solubile il monomero ed eventualmente anche il polimero.

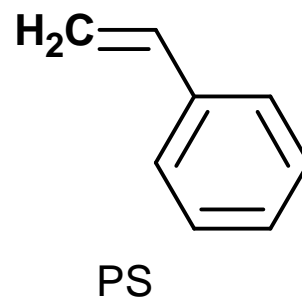
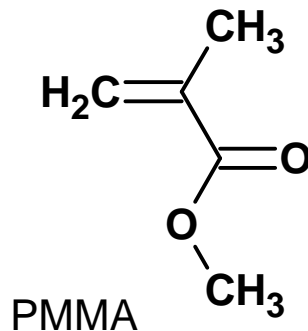
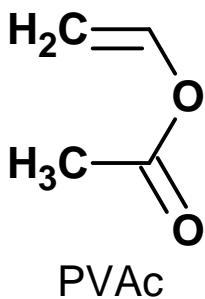
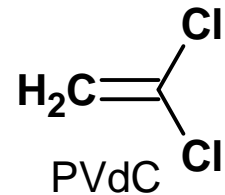
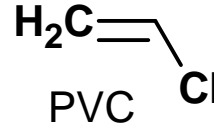
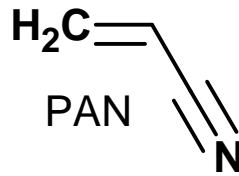
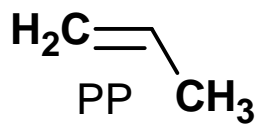
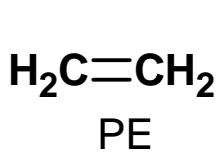
Tipici prodotti: PE, PAA, PMMA.

La polimerizzazione in fase eterogenea (sospensione, emulsione, precipitazione di monomeri non solventi del polimero, ...) consente di ottenere resine di MM elevata e/o difficilmente solubili con altri mezzi.

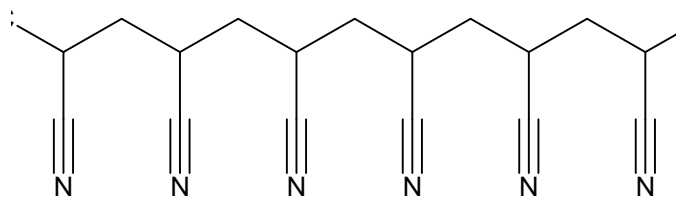
Tipici prodotti: PAN, PVC-PVdC, elastomeri

I POLIMERI DI SINTESI

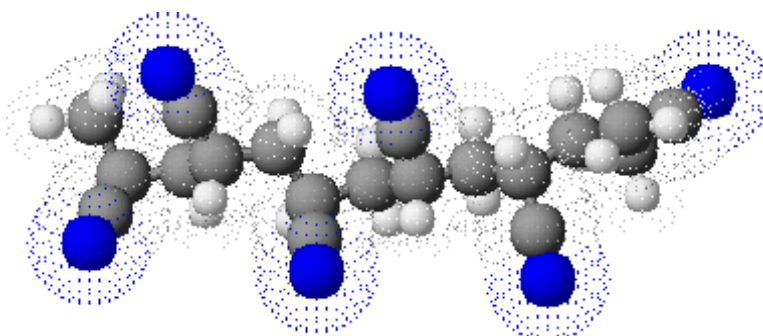
Monomeri e polimerizzazione olefinica



Le sigle riportate sono quelle in uso nel settore delle resine.
 Tutti questi monomeri portano a resine termoplastiche
 (quelli nella riga inferiore sono inadatti per fibre).
 La cristallinità varia in funzione della struttura primaria,
 della tatticità, del grado di polimerizzazione, dei processi di stiro.

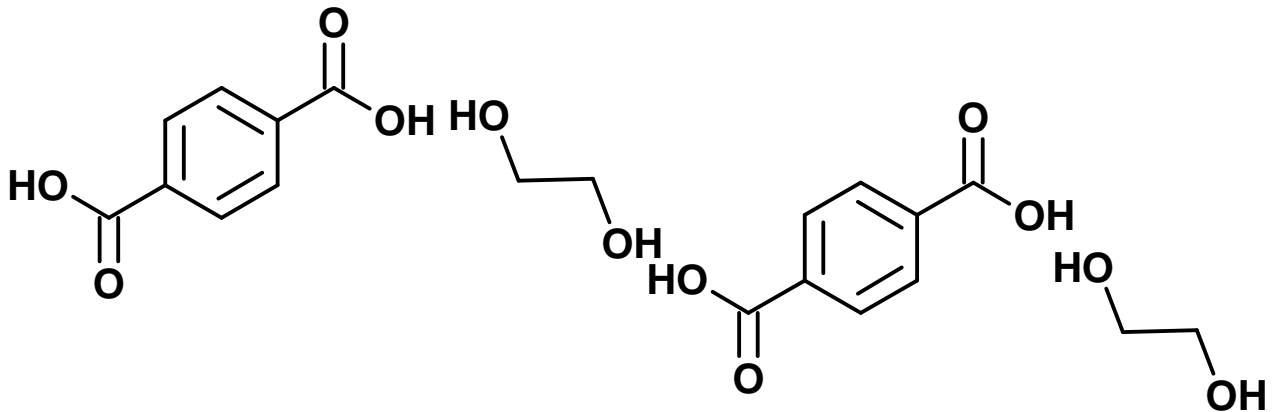


La tatticità di questo segmento di poliacrilonitrile
 è casuale: i CN sono da entrambi i lati dell'asse molecolare



I POLIMERI DI SINTESI

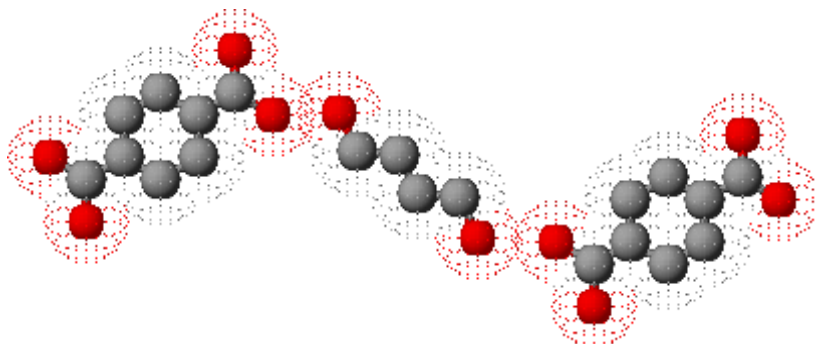
Policondensazione: poliesteri



segmento
di PET

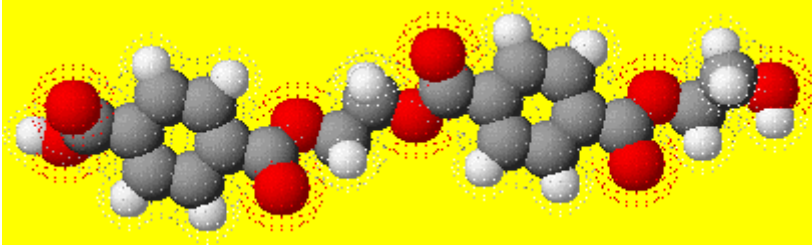
Il polietilentereftalato viene detto "poliestere" tout court.
E' di gran lunga la fibra sintetica maggiormente prodotta.

Altri poliesteri hanno minore cristallinità,
maggiore morbidezza e confort:
per esempio, il polibutilentereftalato.

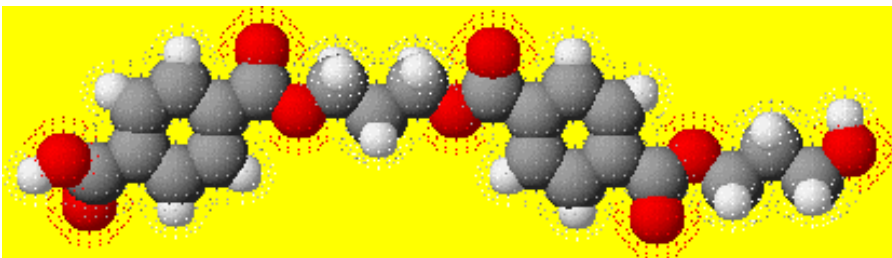


I POLIMERI DI SINTESI

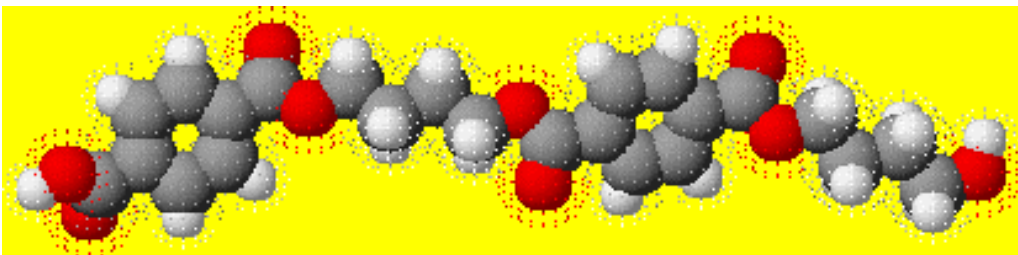
Policondensazione: poliesteri



PET



PTT
(Corterra©)



PTT
(Elité©)

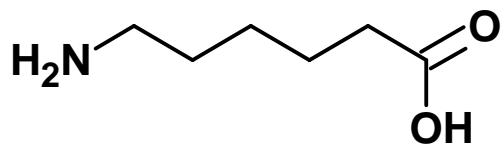
La rigidità del polimero è massima per il PET
diminuisce fortemente passando a PTT e PBT
diminuisce ulteriormente introducendo altri monomeri

PTI
*usato come materia
plastica
e per bicomponenti*

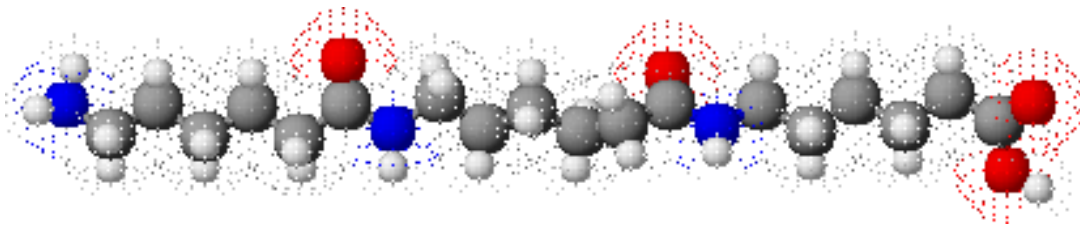


I POLIMERI DI SINTESI

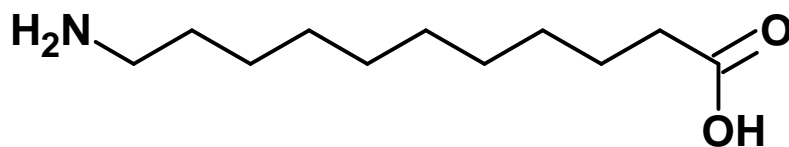
Policondensazione: poliammidi



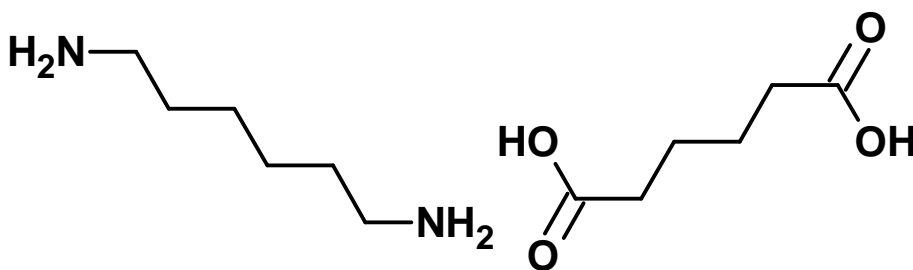
per PA 6



segmento
di PA 6



per PA 11



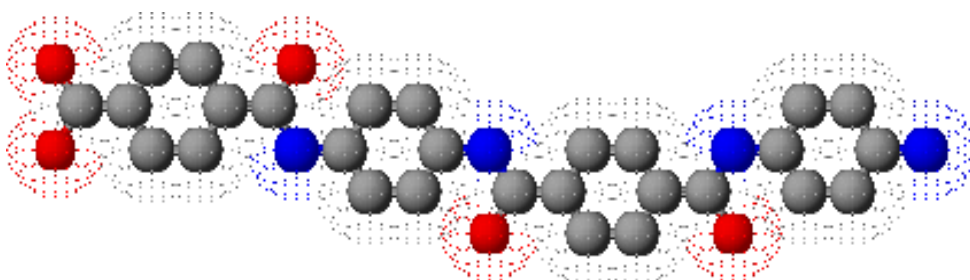
per PA 6.6

Le poliammidi lineari trovano molti impieghi sia per fibre che per masse stampate o estruse.

acido adipico e esametildiammina sono i monomeri per il classico nylon6.6.

Le fibre aramidiche hanno elevatissima cristallinità e eccezionali resistenze meccaniche e termiche.

Gli isomeri dell'acido tereftalico e del diamminobenzene impiegati per la sintesi sono i meta-meta e i para-para



FIBRE SINTETICHE

Abbreviazioni per le fibre

Per indicare le fibre chimiche vengono usate sigle che portano a confusione se confrontate con quelle per la materie plastiche

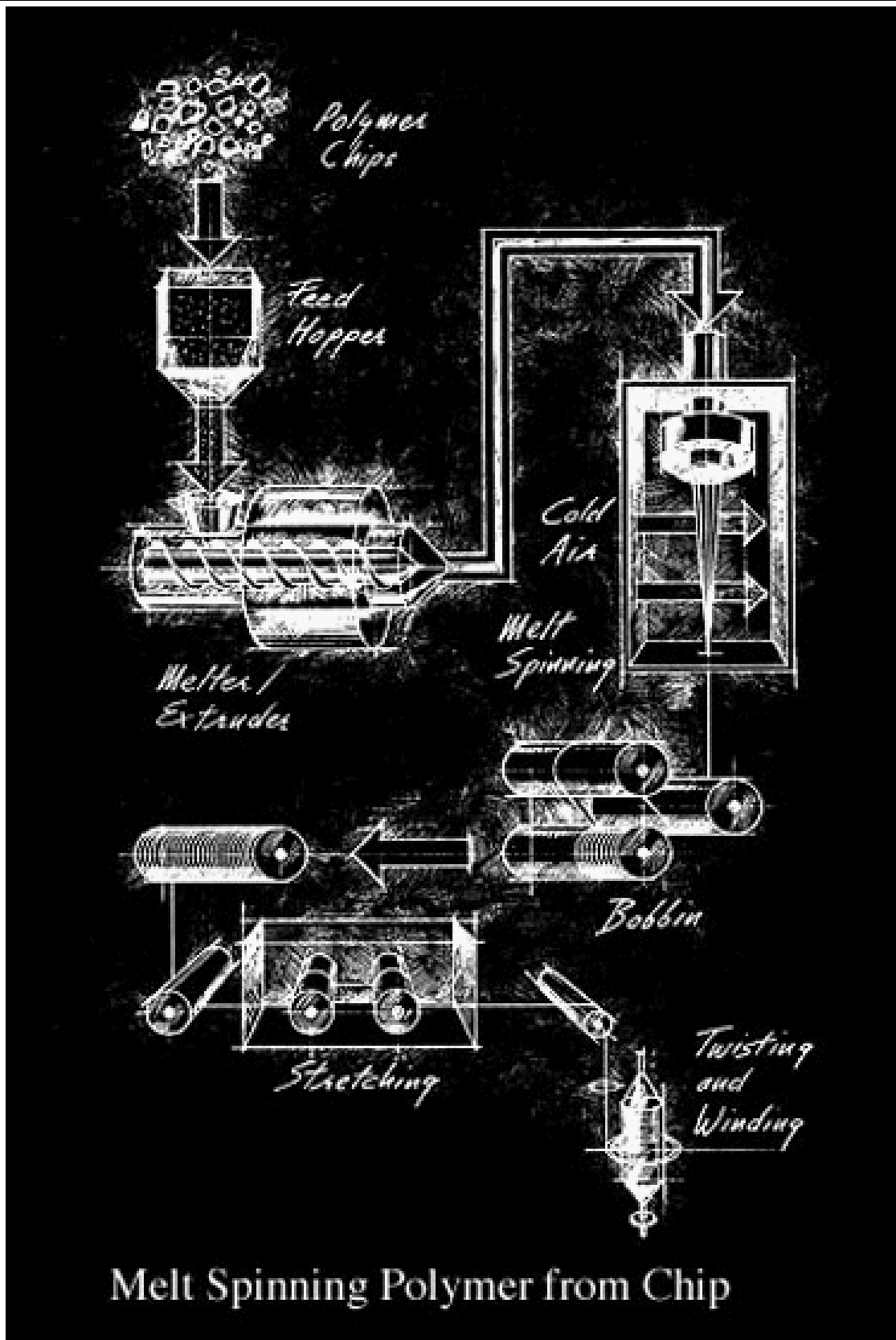
nome generico	fibre ISO 2076/95	plastica ISO 1043-1/95
acetato	CA	CA
triacetato	CTA	CTA
viscosa	CV	-
cupro	CUP	-
modal	CMD	-
fibra di carbonio	CF	-
cresolo-formaldeide	-	CF
poliuretano	-	PUR
elastan	ED	-
elastodiene	EL	-
gomma	LA	-
poliacrilica	PAN	PAN
modacrilica	MAF	-
poliammide	PA	PA
aramide	AR	-
poliestere	PES	-
polietilentereftalato	-	PET
polibutilentereftalato	-	PBT
polietilene	PE	PE
polipropilene	PP	PP
polistirene	-	PS
polivinilcloruro	CLF	PVC
polivinilidencloruro	CLF	PVdC

FIBRE SINTETICHE

Elementi di tecnologia - filatura per fusione

Schema di filatura per fusione

(fonte: Fibersource)



FIBRE SINTETICHE

La plastificazione delle fibre

La struttura della fibra viene alterata dalla presenza di sostanze esterne capaci di rompere i legami intermolecolari che uniscono soprattutto le zone amorfe.

Tali sostanze plastificano la fibra a temperature sensibilmente inferiori alla T_g .

Con le fibre che presentano estese reti di legami a idrogeno la plastificazione avviene tipicamente a causa di solventi come acqua o alcoli, soprattutto in presenza di elettroliti, acidi o basi.

Questo avviene con le cellulose, le proteiche in parte con le poliammidiche (e con le sintetiche idrofile)

Con le fibre idrofobe tipicamente coese da legami dipolari i plastificanti sono piccole molecole organiche quelle usate in tintura come carrier per i dispersi.

Con le fibre idrofobe coese soprattutto da forze dispersive (PP, PE, in parte PAN)

la plastificazione è molto difficile perchè non esiste una netta separazione tra plastificanti delle zone amorfe e veri solventi della fibra.

Tutte le fibre che non siano reticolate da una rete di legami covalenti quindi: incluse le cellulose ma escluse lana e elastomeriche possono dare soluzioni "vere" in qualche solvente

FIBRE SINTETICHE

La storia termomeccanica delle fibre

Durante le diverse fasi di trasformazione
dalla bava appena estrusa
al manufatto tessile finito e pronto per la confezione
la fibra sintetica subisce diverse trasformazioni
che ne modificano le caratteristiche meccaniche e tintoriali

Con le fibre puramente termoplastiche
casi tipici: poliesteri omopolimeri (PET, PBT, PTT)
le caratteristiche "attuali" della fibra
dipendono da temperatura, tempo e tensione
dei trattamenti subiti.

La distribuzione e la struttura delle zone cristalline ed amorphe
variano fortemente a seconda delle sollecitazioni.

Analizzando le curve DSC e TMM di una fibra termoplastica
sottoposta alle prove in assenza di tensione
si nota un andamento sensibilmente diverso
fra la prima curva di salita e le successive.
In seguito si osservano degli assestamenti
che dipendono anche dal gradiente di temperatura.

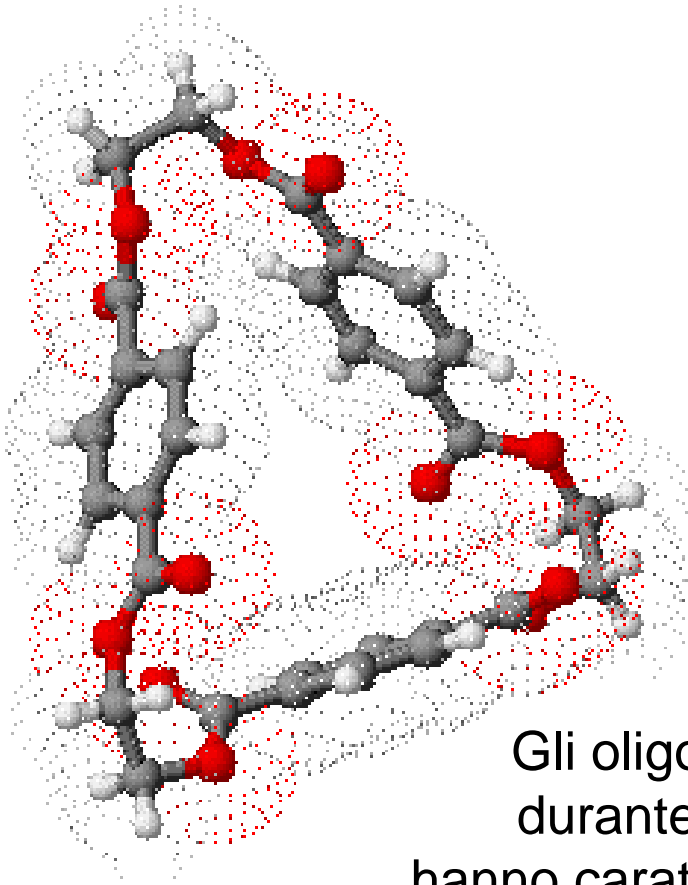
A temperature comprese tra la T_g e la T_f :

- la permanenza senza tensione
comporta progressiva ricristallizzazione
aumento in numero e dimensione dei cristalliti
- la permanenza sotto tensione
comporta allungamento e riordino dei cristalliti

Tali effetti influenzano sensibilmente le proprietà tintoriali.

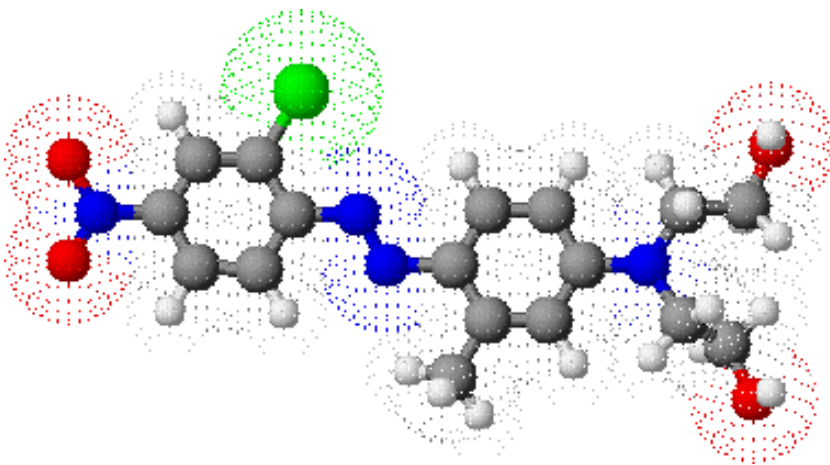
FIBRE SINTETICHE

PET: il problema degli oligomeri



il trimero ciclico
del PET

Gli oligomeri che si formano durante la polimerizzazione hanno caratteristiche strutturali simili a quelle dei coloranti dispersi: nelle condizioni in cui la fibra si tinge gli oligomeri tendono a fuoriuscire



Disperse red 5