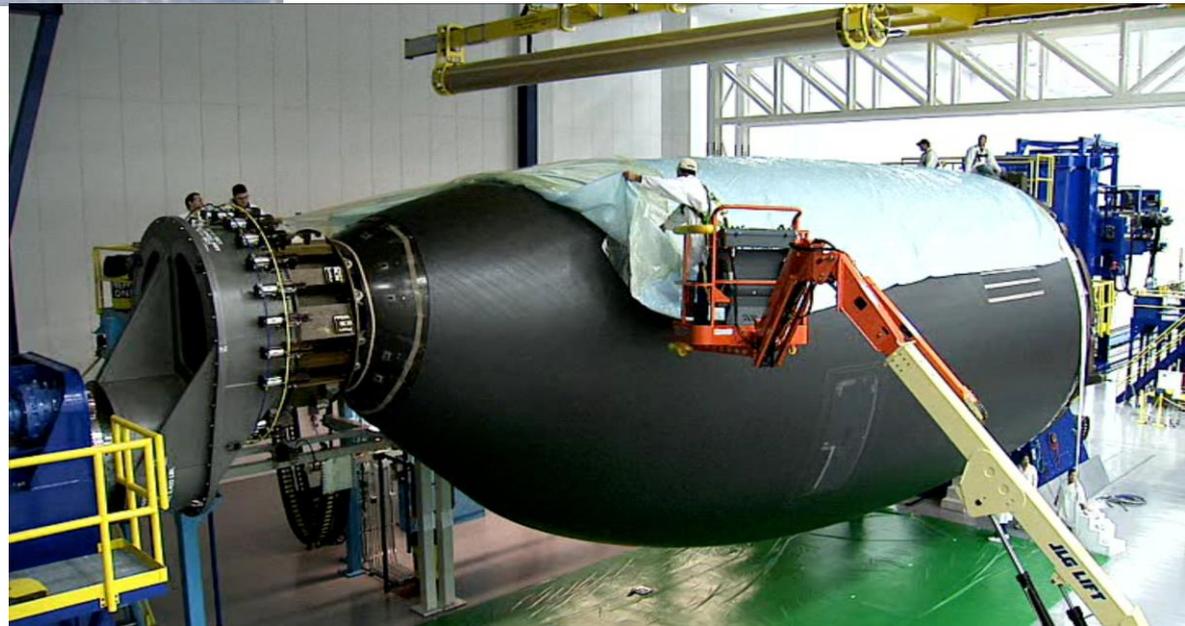
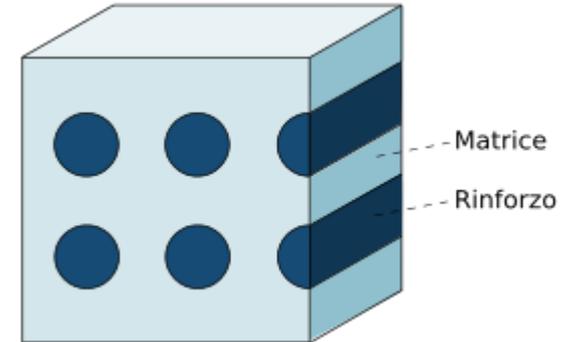




Materiali compositi

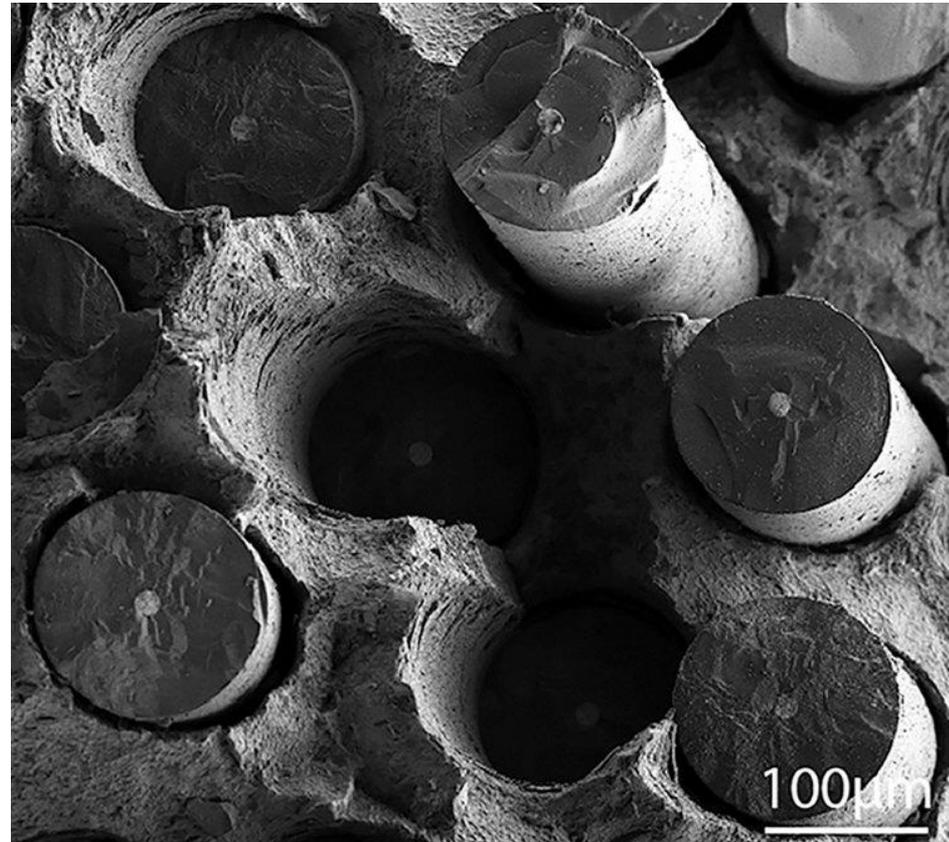


Le matrici

Tipologie:

- Polimeriche (le più complesse dal punto di vista microstrutturale)
- Metalliche
- Ceramiche

Ti-SiC



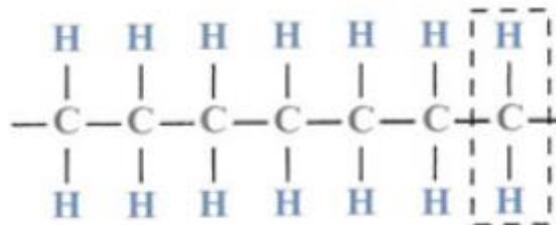


Matrici polimeriche

Caratteristiche dei polimeri

- + basso costo
- + facile processabilità
- + resistenza chimica
- Bassa resistenza alla temperatura ed agli agenti ambientali (però in alcuni casi sono meglio dei metalli)
- Bassa resistenza meccanica

I polimeri sintetici vengono prodotti col processo di polimerizzazione, a partire da monomeri.



Matrici polimeriche

Reazioni per la produzione di polimeri:

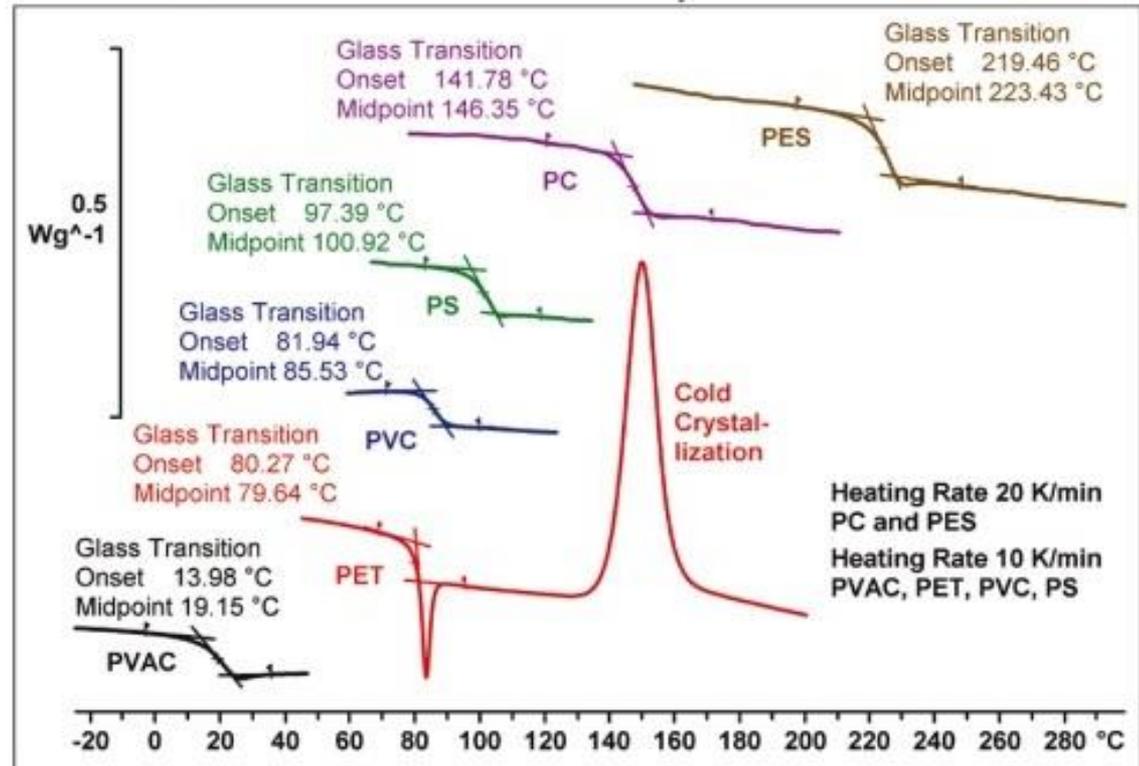
- Policondensazione
- Poliaddizione

Meccanismi:

- Polimerizzazione a catena
- Polimerizzazione a stadi

Classificazione dei polimeri:

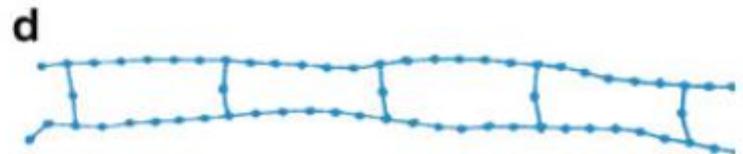
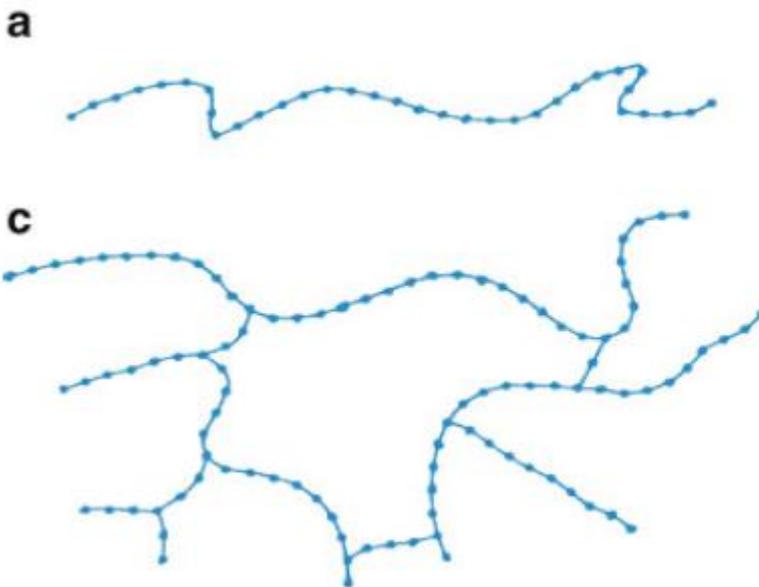
- Termoplastici
- Termoindurenti



Matrici polimeriche

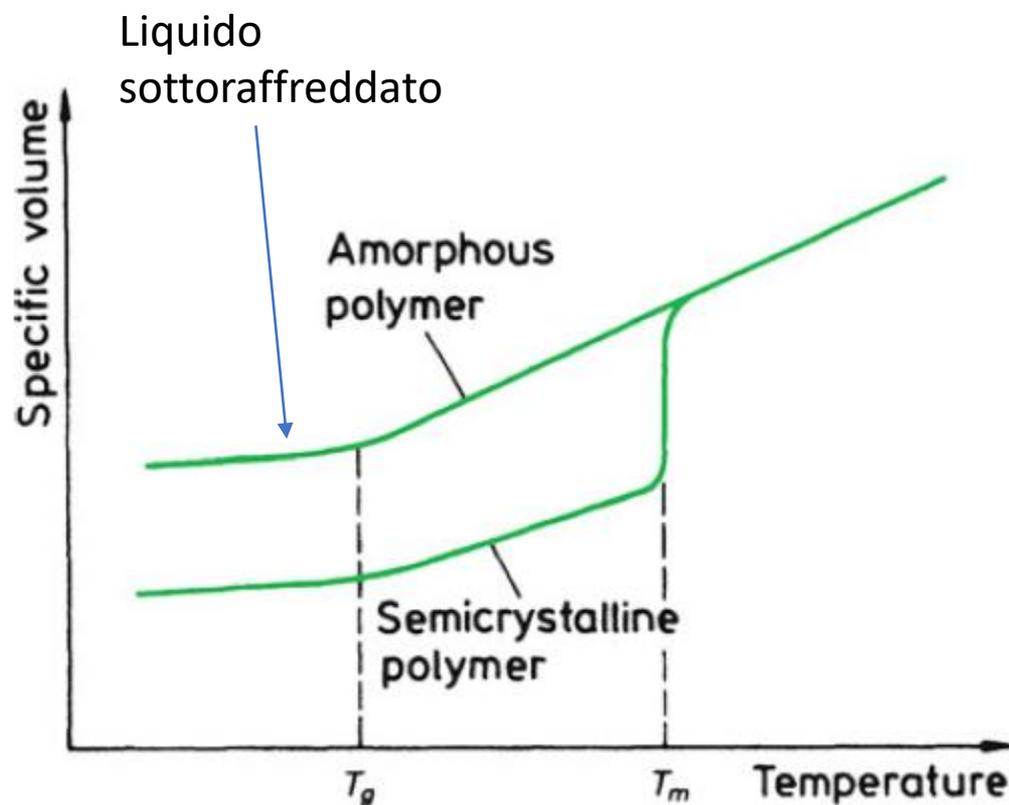
Configurazioni:

- Lineare
- ramificata,
- reticolata



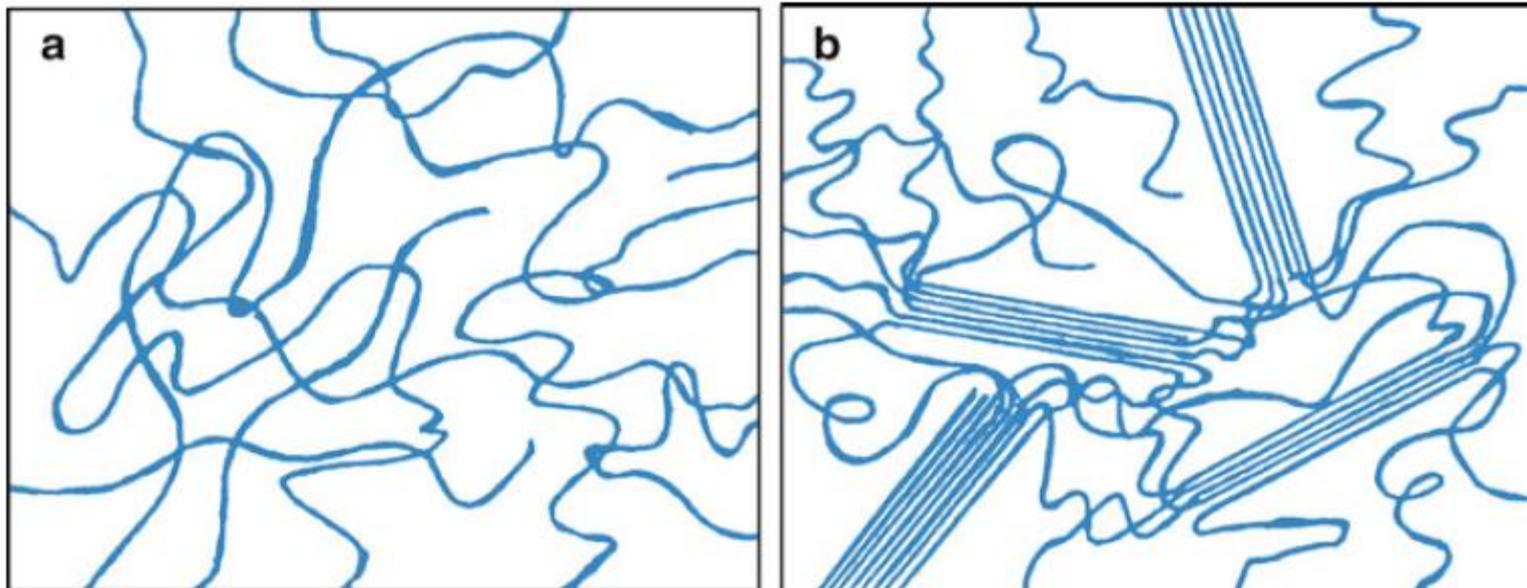
Matrici polimeriche

Temperatura di transizione vetrosa (T_g)



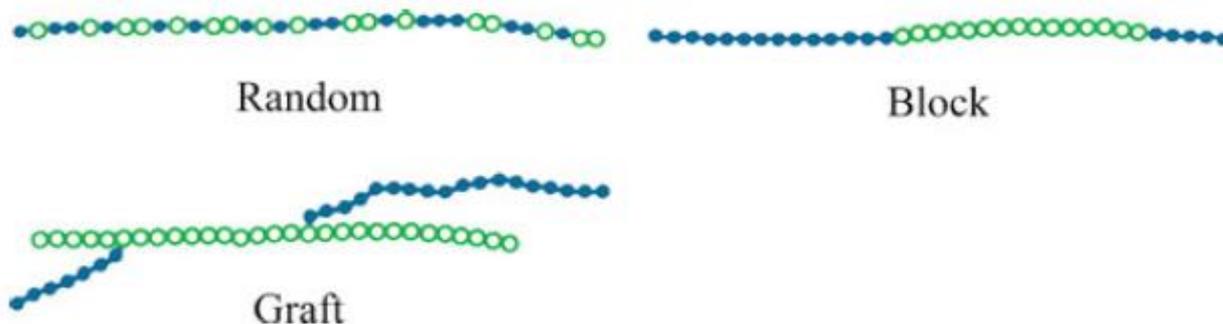
Matrici polimeriche

Cristallinità dei polimeri



Matrici polimeriche

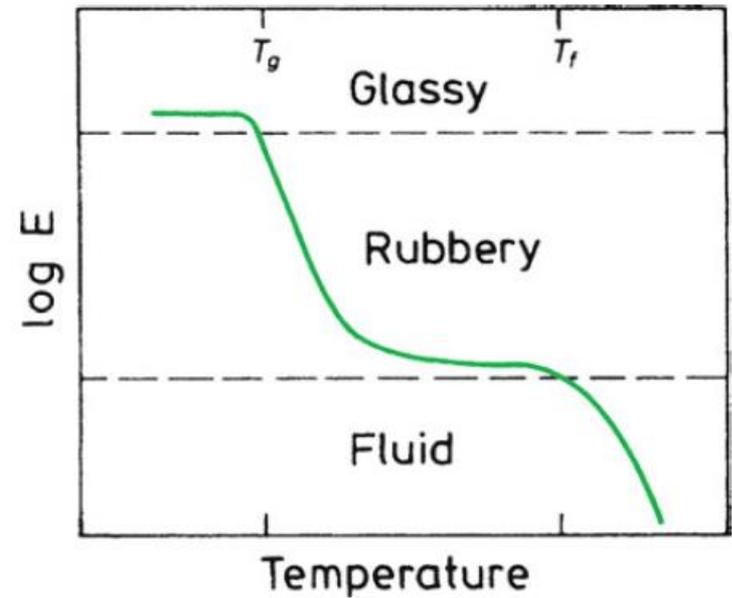
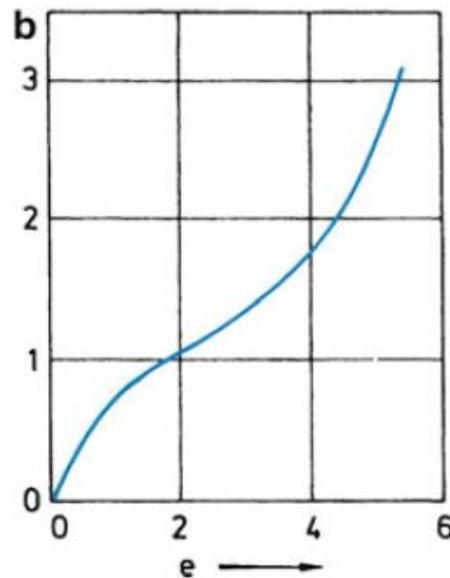
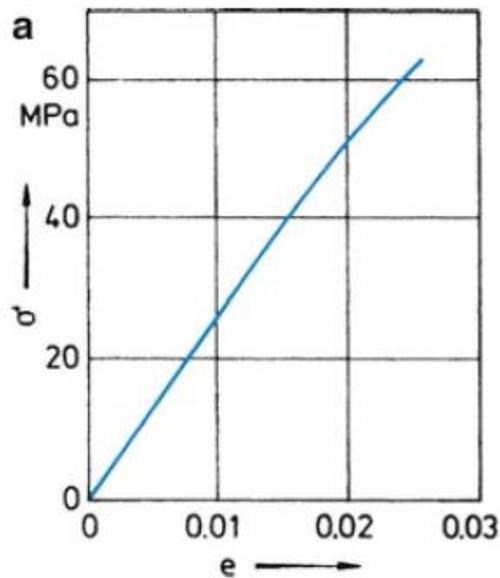
Copolimeri: si distinguono dagli omopolimeri perché sono distinguibili due (o più) monomeri.



- Peso molecolare: $MW = DP \times MW_m$
- Distribuzione dei pesi molecolari (MW, MN, ecc.)
- Grado di cristallinità (normalmente 30%-90%), dipende dal processo e dalla struttura del polimero (impedimenti sterici).

Matrici polimeriche

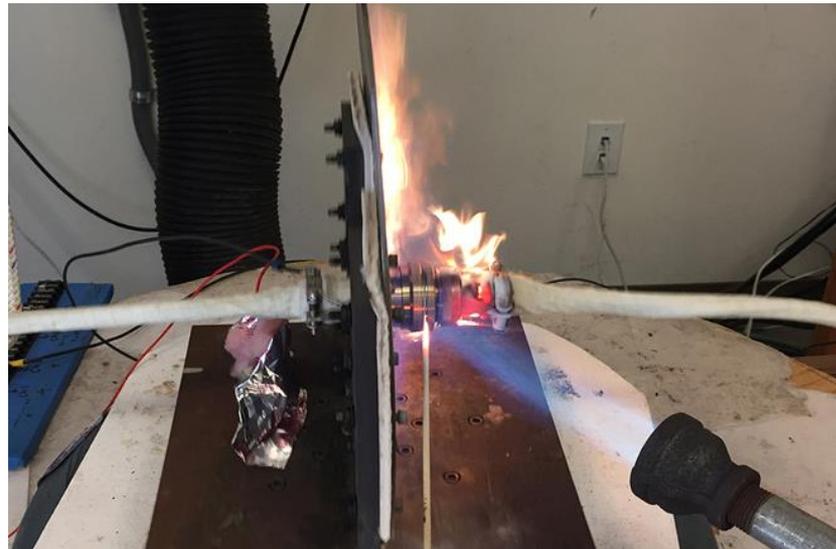
Proprietà meccaniche



Matrici polimeriche

Proprietà termiche:

- il CTE è in genere più elevato rispetto a quello dei materiali metallici (ad es. acciaio $10e-6 \div 12e-6$, Al $21e-6 \div 24e-6$). Ad esempio, le resine epossidiche hanno un CTE nel range $50e-6 \div 100e-6$, quelle poliestere $100e-6 \div 200e-6$.
- Sono materiali che hanno in genere un certo grado di infiammabilità, in funzione della composizione, della presenza di rinforzi ed additivi.

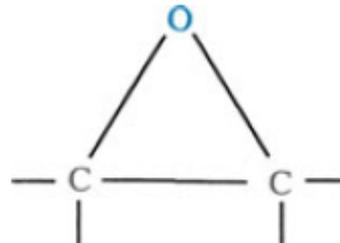


Matrici polimeriche

Principali tipi:

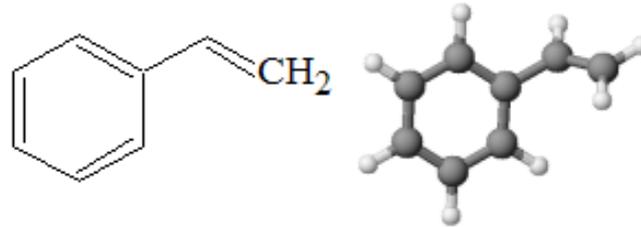
- Epossidiche (+ catalizzatori, additivi anti-UV, adhesion promoters, flessibilizzanti, diluenti, ecc.). Più performanti delle resine poliesteri: minore ritiro, maggiore resistenza all'idrolisi, più elevata Tg e T massima di impiego. Vengono utilizzate per la produzione di pre-pregs (nello stato B, «tacky»). Shelf life e pot life regolabile dal produttore.

Density, ρ (g/cm ³)	Strength, σ (MPa)	Modulus, E (GPa)	Poisson's ratio, ν	CTE, α (10 ⁻⁶ K ⁻¹)	Cure shrinkage (%)	Use temp. (°C)
1.2–1.3	50–125	2.5–4	0.2–0.33	50–100	1–5	150



Matrici polimeriche

Poliestere: poliesteri insaturi, caratterizzati dalla presenza di un certa densità di legami C=C. Per ridurre la viscosità di usano diluenti, come ad es. stirene, che agisce anche da agente reticolante.



Vengono reticolate aggiungendo opportuni catalizzatori (perossidi organici) ed aumentando la temperatura.

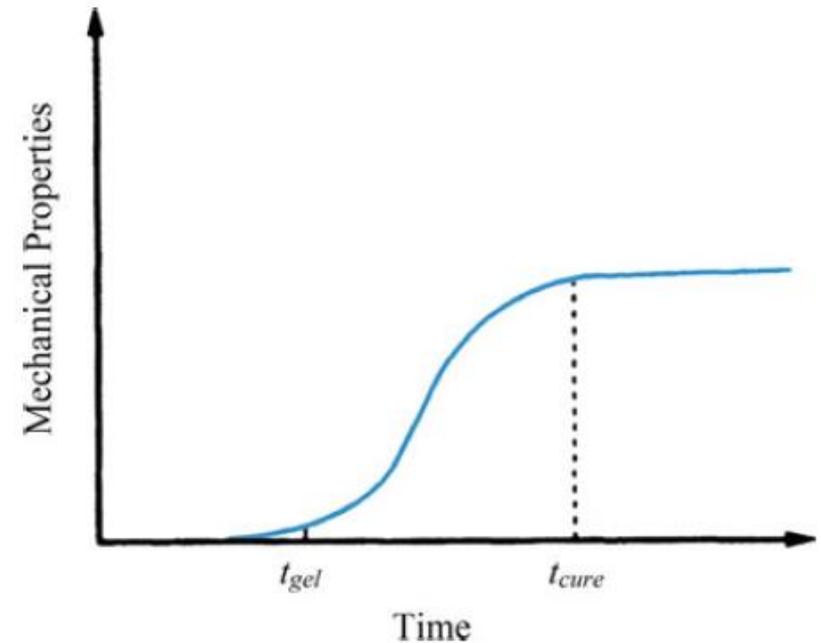
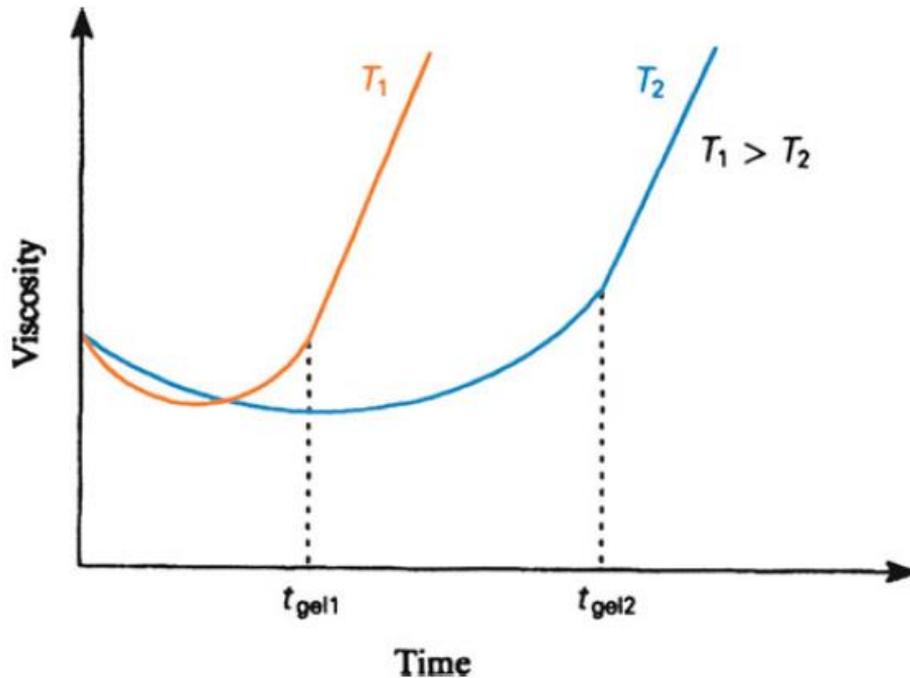
Hanno una discreta resistenza all'idrolisi, temperatura massima di lavoro intorno ad 80 °C, basso costo. Il ritiro durante la reticolazione è elevato (4-8%).

Density, ρ (g/cm ³)	Strength, σ (MPa)	Modulus, E (GPa)	Poisson's ratio, ν	CTE, α (10 ⁻⁶ K ⁻¹)	Cure shrinkage (%)	Use temp. (°C)
1.1–1.4	30–100	2–4	0.2–0.33	50–100	5–12	80

Matrici polimeriche

Si usano anche altri materiali termoindurenti, come ad es. le poliimidi (T di lavoro sino a 250-300 °C).

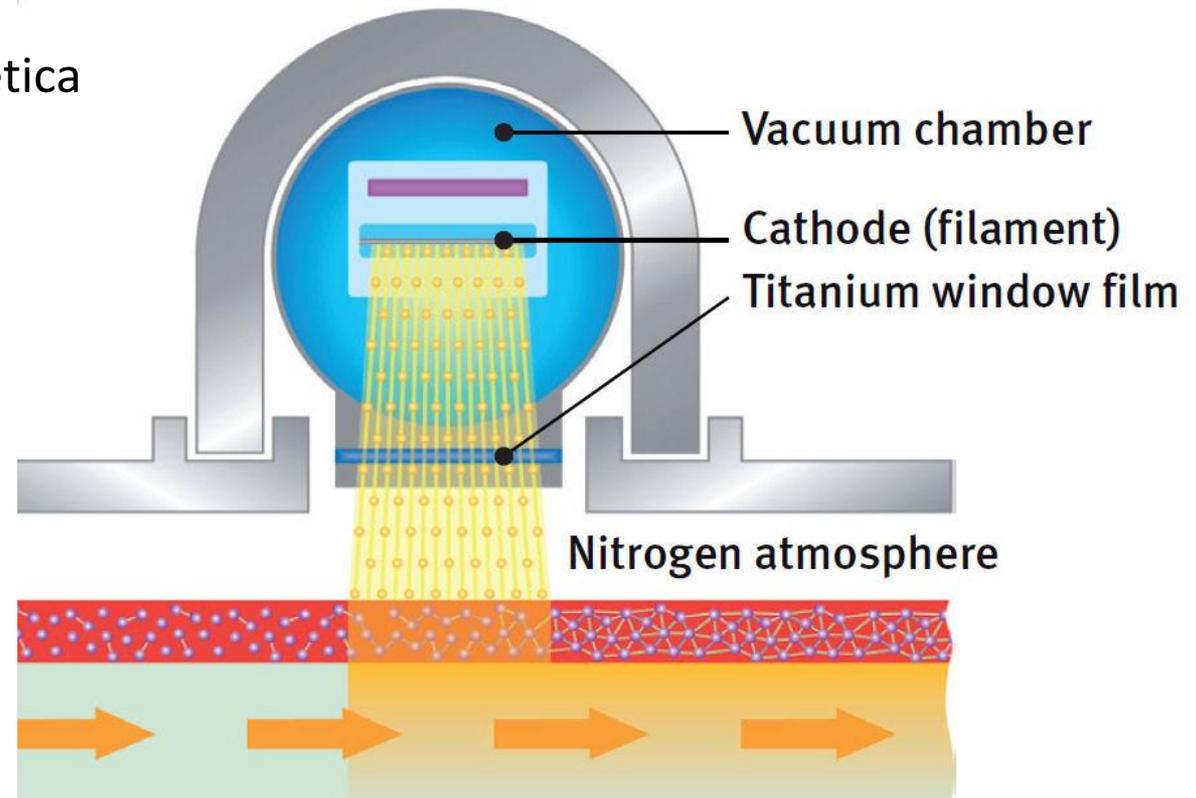
Curing e post-curing:



Matrici polimeriche

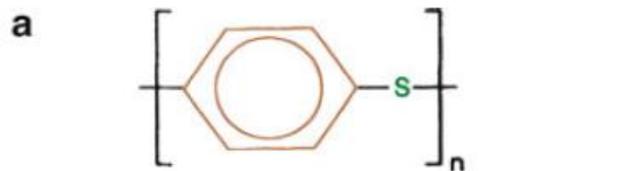
Metodi di curing e post-curing:

- Termico
- E-beam
- Radiazione elettromagnetica

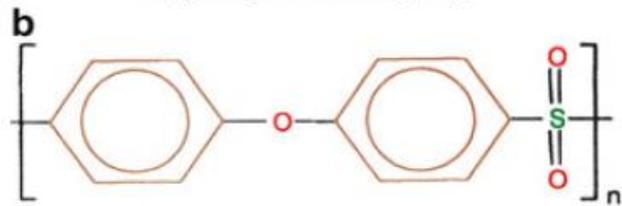


Matrici polimeriche

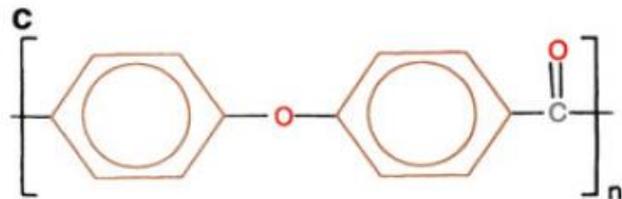
Materiali termoplastici (pre-formatura, riciclo): si usano materiali tradizionali, come le poliammidi ed il PET, ma anche polimeri avanzati (PPS, PEEK, ecc.).



Polyphenylene Sulfide (PPS)



Polyaryl Sulfone



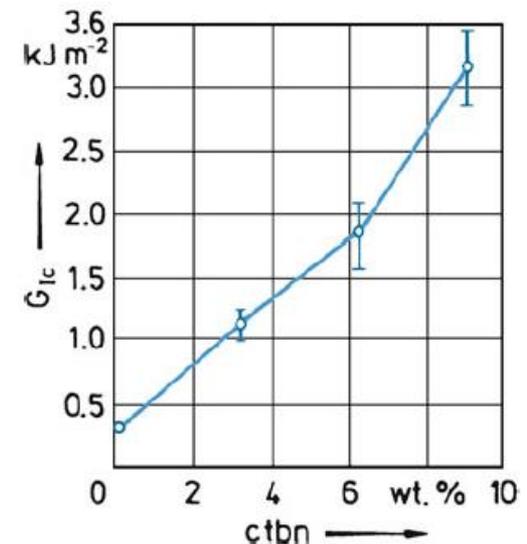
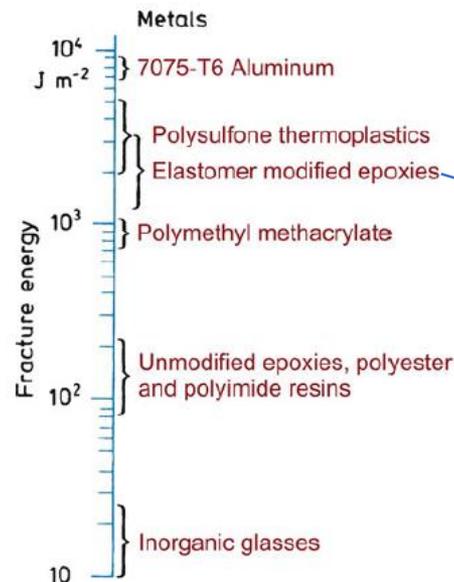
Polyetherether Ketone (PEEK)



Matrici polimeriche

Tenacità dei materiali polimerici (e delle matrici polimeriche)

Property	Epoxy	Polyimide	PEEK	Polyamideimide	Polyetherimide	Polysulfone	sulfide	Phenolics
Tensile strength (MPa)	35–85	120	92	95	105	75	70	50–55
Flexural modulus (GPa)	15–35	35	40	50	35	28	40	–
Density (g/cm ³)	1.38	1.46	1.30	1.38	–	1.25	1.32	1.30
Continuous-service temperature (°C)	25–85	260–425	310	–	170	175–190	260	150–175
Coefficient of thermal expansion (10 ⁻⁵ °C ⁻¹)	8–11	9	–	6.3	5.6	9.4–10	9.9	4.5–11
Water absorption (24 h %)	0.1	0.3	0.1	0.3	0.25	0.2	0.2	0.1–0.2



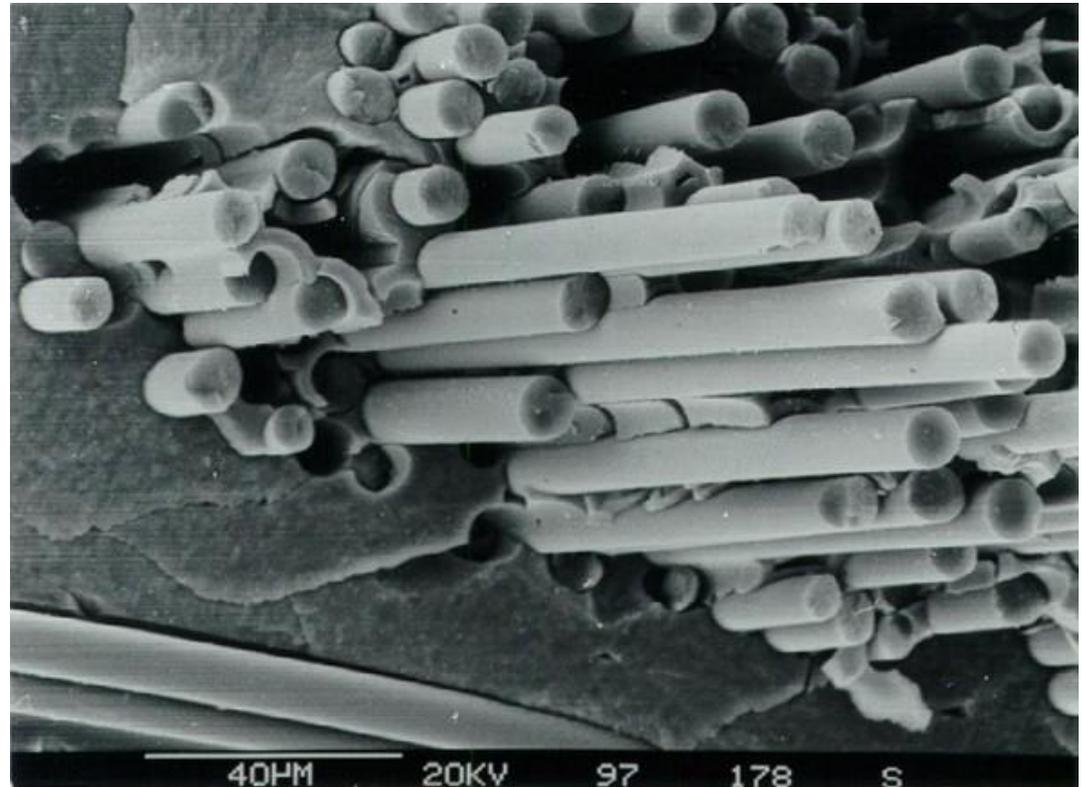
Altri tipi di matrice

- Matrici metalliche
- Matrici ceramiche



C-C

SiC-SiC



I rinforzi

- Fibre di vetro
- Fibre di carbonio
- Fibre polimeriche

Le matrici

- Matrici polimeriche
- Matrici metalliche (cenni)
- Matrici ceramiche (cenni)

Interfacce

I compositi a matrice polimerica (PMC)

- Processi
- Interfacce
- Struttura e proprietà
- Applicazioni
- Riciclo

Micromeccanica dei materiali compositi

Macromeccanica dei materiali compositi

Resistenza, fatica e creep

