

Effetto della temperatura

I polimeri subiscono sostanziali variazioni delle loro proprietà in funzione della temperatura

I materiali cristallini alla temperatura di fusione passano dallo stato solido allo stato liquido

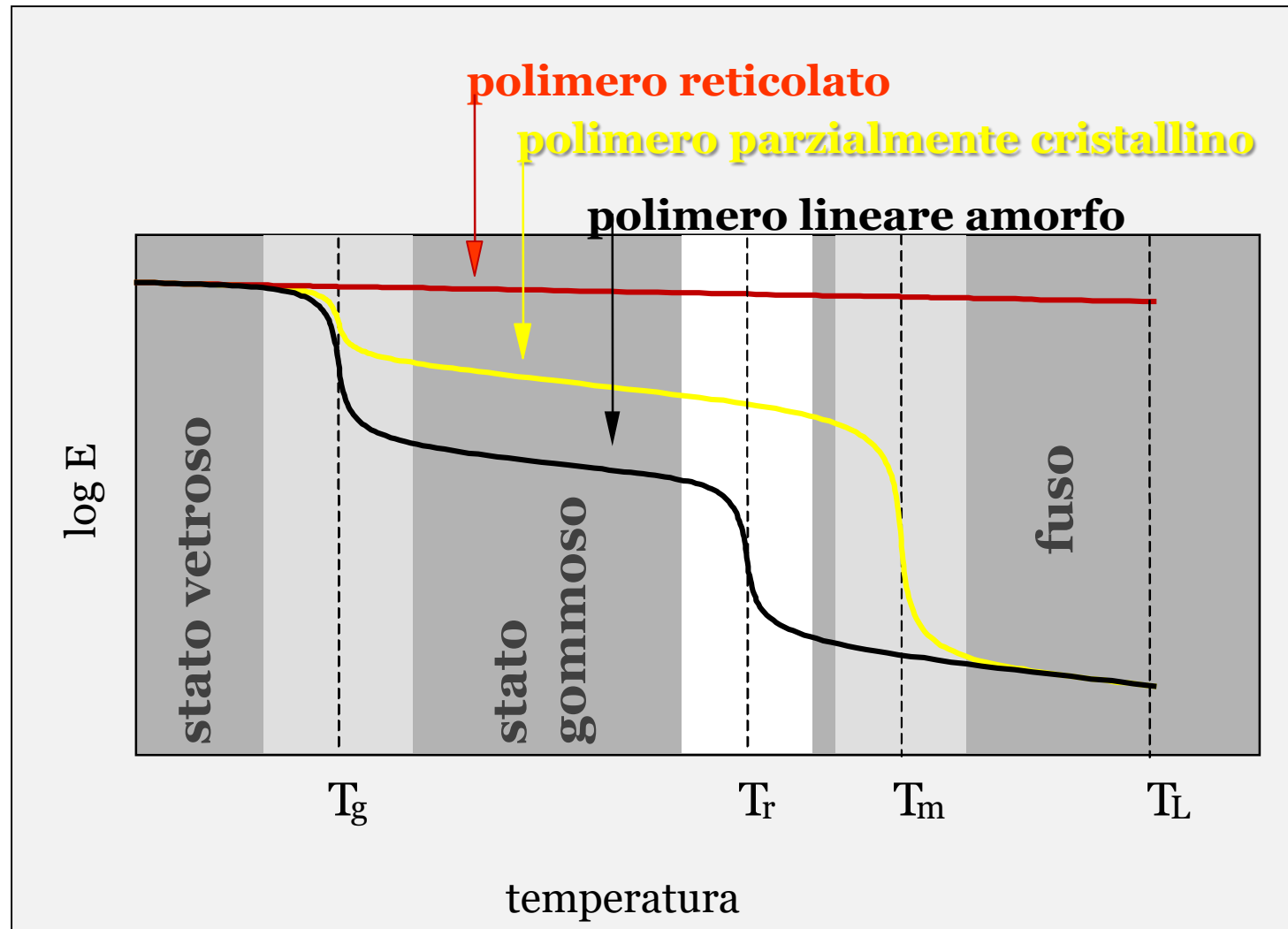
Il passaggio è più complicato nel caso dei materiali amorfi o non cristallini a causa della ridotta mobilità delle molecole costituenti

I **materiali polimerici amorfi**, all'aumentare della temperatura, presentano due transizioni che avvengono in corrispondenza di due intervalli di temperatura, cioè nell'intorno delle temperature:

- ❑ temperatura di **transizione vetrosa** (T_g)
 - passaggio da una situazione in cui il polimero è relativamente rigido (**stato vetroso**) ad una situazione di notevole malleabilità, costituita dallo **stato gommoso**
- ❑ temperatura di **rammollimento** (T_r)
 - transizione dallo stato gommoso allo **stato liquido**

- ❑ nel caso di un **polimero parzialmente cristallino**, la transizione vetrosa modifica poco le proprietà meccaniche del materiale
 - esse, invece, peggiorano decisamente quando il polimero fonde (T_m , **temperatura di fusione**)
- ❑ nel caso di un **polimero reticolato** tridimensionale non esistono le transizioni vetrosa e di rammollimento
 - non si osservano significative variazioni di proprietà all'aumentare della temperatura, ovviamente sino al limite di stabilità chimica
- ❑ per tutti i tipi di materiali polimerici esiste, infatti, la **temperatura limite di stabilità chimica** (T_L) oltre la quale il polimero subisce trasformazioni irreversibili e/o degradazioni

- ❑ i comportamenti appena descritti stanno alla base della classificazione dei polimeri in termoplastici e termoindurenti
- ❑ i **polimeri termoplastici** hanno T_g e T_r ben definite, e sono modellabili plasticamente nell'intervallo tra le due temperature di transizione
- ❑ i **polimeri termoindurenti**, invece, formati da **catene reticolate**, dopo un determinato stadio del processo di ottenimento non sono più modellabili
→ il riscaldamento di questi materiali provoca il loro ulteriore indurimento, dato che, durante la lavorazione e la formatura del polimero nello stampo, il calore applicato provoca la reticolazione tra le catene



variazione del comportamento meccanico in dipendenza dalla temperatura

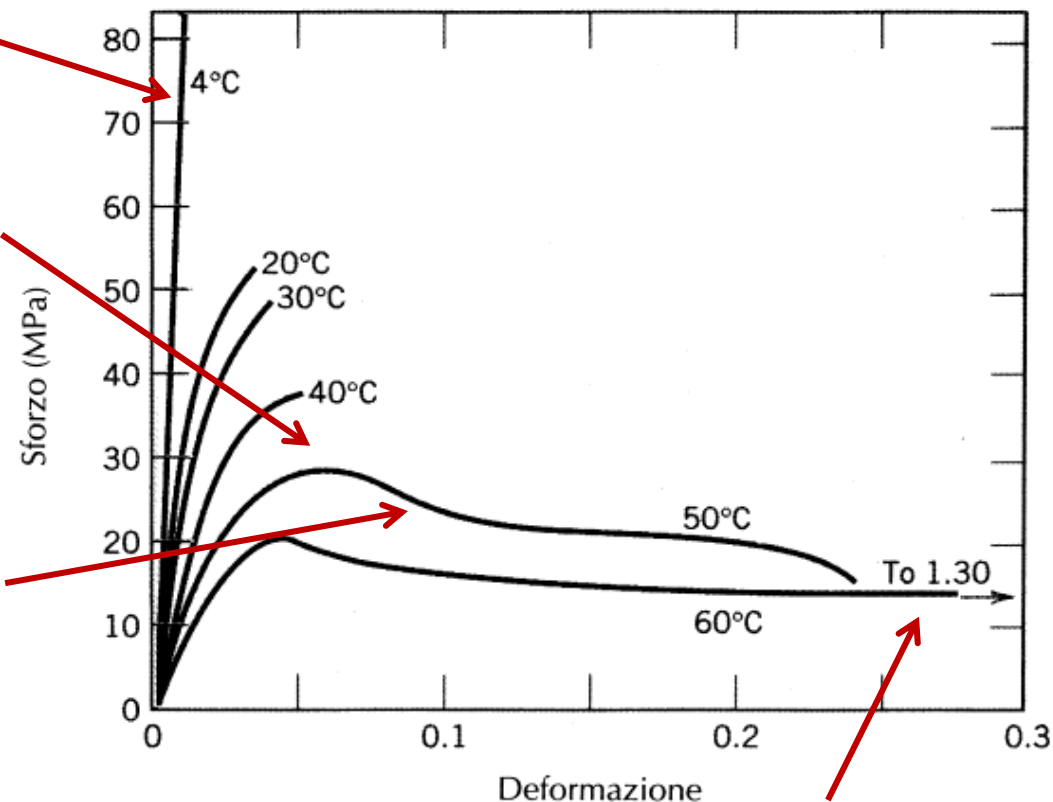
❑ bassa T:

σ cresce linearmente con ε
rottura fragile

❑ a temperatura più elevata si osserva sulla curva un punto di massimo σ_s (**tensione di snervamento**)

❑ per deformazioni maggiori, σ diminuisce, talvolta con la comparsa di una riduzione locale di sezione (**strizione**) e il solido si rompe in modo duttile

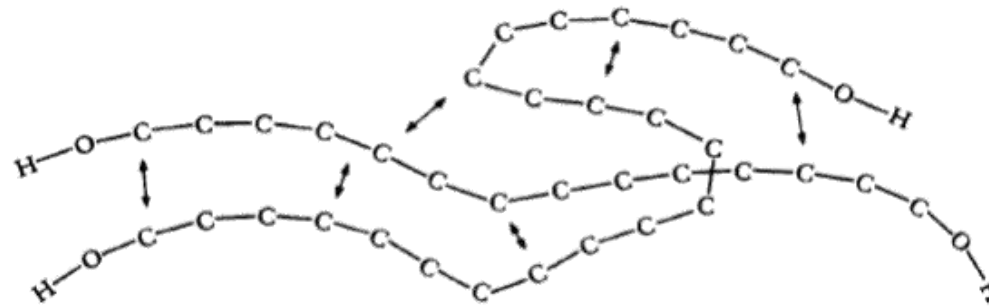
curve tensione-deformazione di PMMA a diverse temperature



❑ a temperatura ancora più elevata, superato lo snervamento, la zona di strizione si stabilizza e può estendersi anche a tutto il provino, prima della rottura

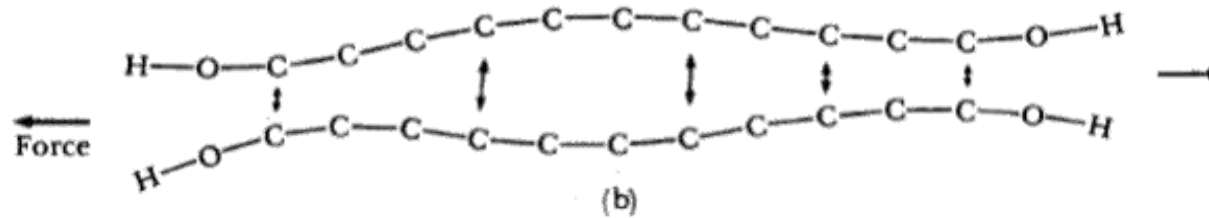
meccanismo di deformazione delle catene polimeriche

- ❑ in condizioni normali le catene polimeriche sono attorcigliate tra loro e interconnesse da forze a corto e lungo raggio
 - è necessaria una forza molto elevata per cambiare la loro disposizione all'interno del materiale



- ❑ la forza applicata agisce separando le catene e raddrizzandole lungo la direzione della forza applicata → **snervamento**
- ❑ in seguito, le catene tendono a scivolare l'una sull'altra più agevolmente: quando un polimero si trova in questa configurazione allungata è dunque sufficiente applicare una forza inferiore rispetto alla configurazione arrotondata per causare una deformazione plastica permanente superiore

- prolungando la sollecitazione, le catene lineari si dispongono parallelamente e possono avvicinarsi notevolmente tra di loro
→ **strizione**



- si instaurano legami più forti tra catene parallele → l'intensità della forza di trazione necessaria ad ottenere la deformazione plastica deve nuovamente crescere, fino a raggiungere il valore massimo sopportabile dal materiale prima della rottura
- La risposta del materiale non dipende solo dall'intensità della forza applicata ma anche dalla **velocità** di applicazione:
 - sollecitazione lenta → le catene hanno il tempo di scivolare
 - sollecitazione veloce → il processo di scivolamento viene ostacolato e il materiale è più rigido e va incontro a rottura fragile