

ANALIZA TERMICĂ

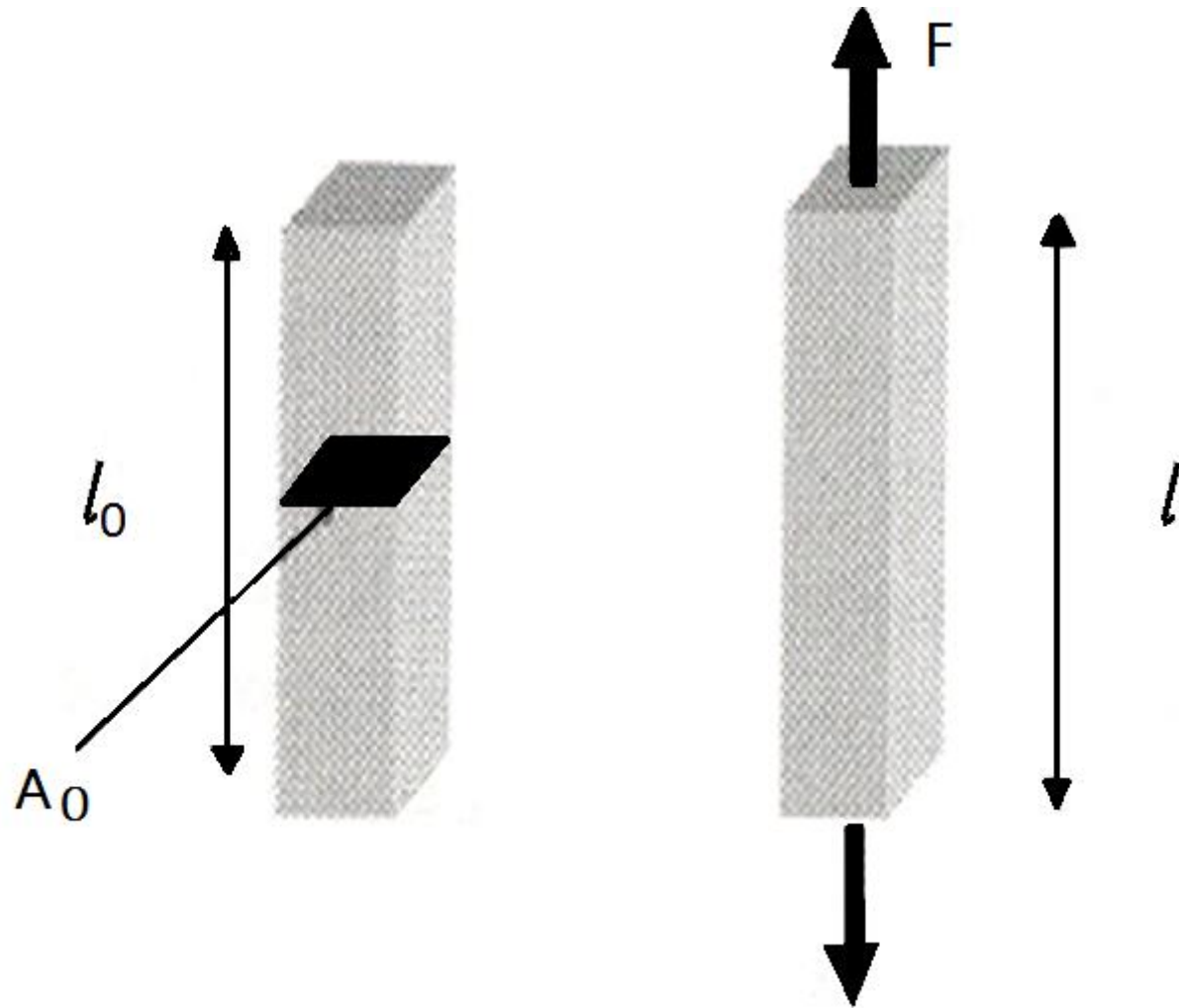
Curs DMA

IV. ANALIZA MECANICĂ DINAMICĂ (DMA)

1. Introducere

- Legătura între structura polimerului și proprietățile acestuia
- Constă în aplicarea unei forțe oscilatorii și analizarea răspunsului materialului
- Se utilizează pentru:
 - Proprietățile dinamice
 - Studiul naturii viscoelastice
 - Identificarea tranzițiilor (α , β , γ , δ)
 - Determinarea densității de reticulare

IV.1. Solidul ideal



- Tensiunea: $\sigma = \frac{F}{A_0}$
- Alungirea: $\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0}$

Legea lui Hooke:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Figura IV.1 Probă supusă unui test de tracțiune

IV.1. Solidul ideal

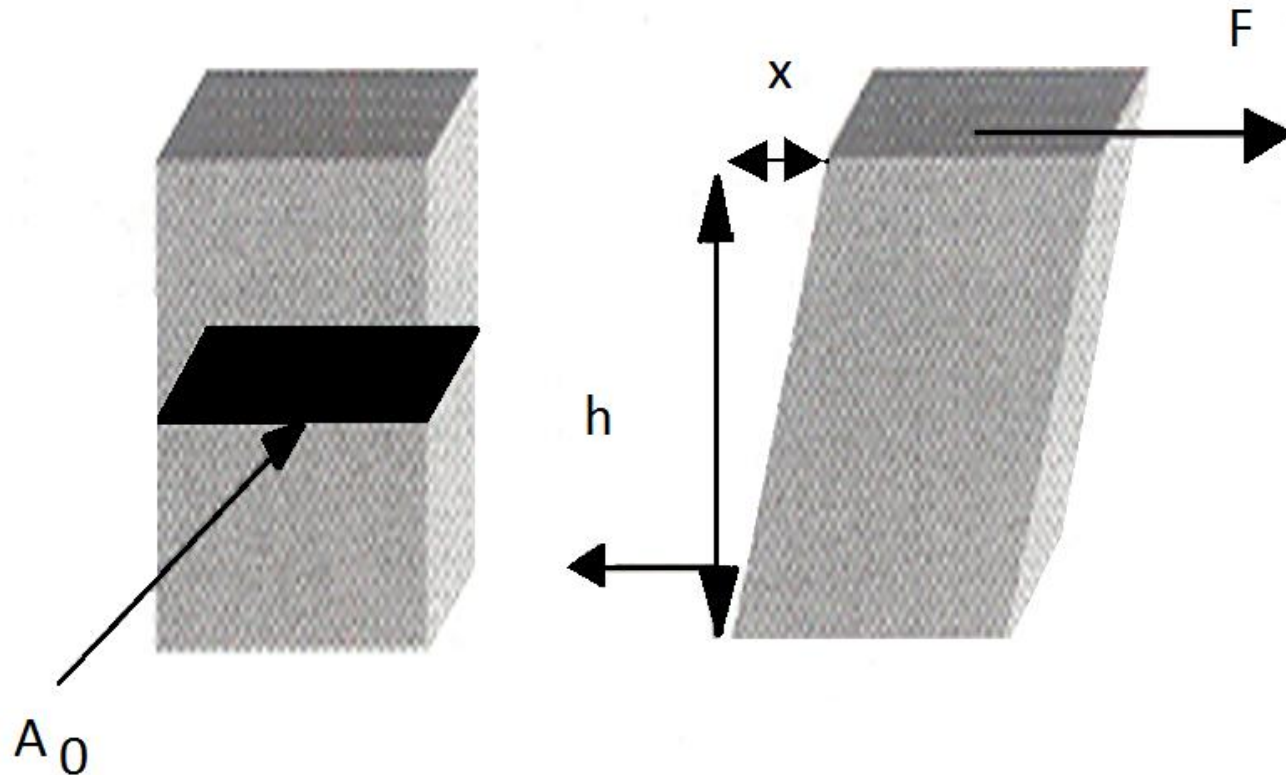


Figura IV.2 Probă supusă unui test de forfecare

- Tensiunea de forfecare:

$$\tau = \frac{F}{A_0}$$

- Deformația la forfecare

$$\gamma = \frac{x}{h}$$

Conform legii lui Hooke:

$$\tau = G \cdot \gamma$$

$$E = 2 \cdot G \cdot (1 + \nu)$$

ν – raportul Poisson

- solide $\nu=0,5$
- polimeri $\nu = 0,3-0,4$

IV.1. Solidul ideal

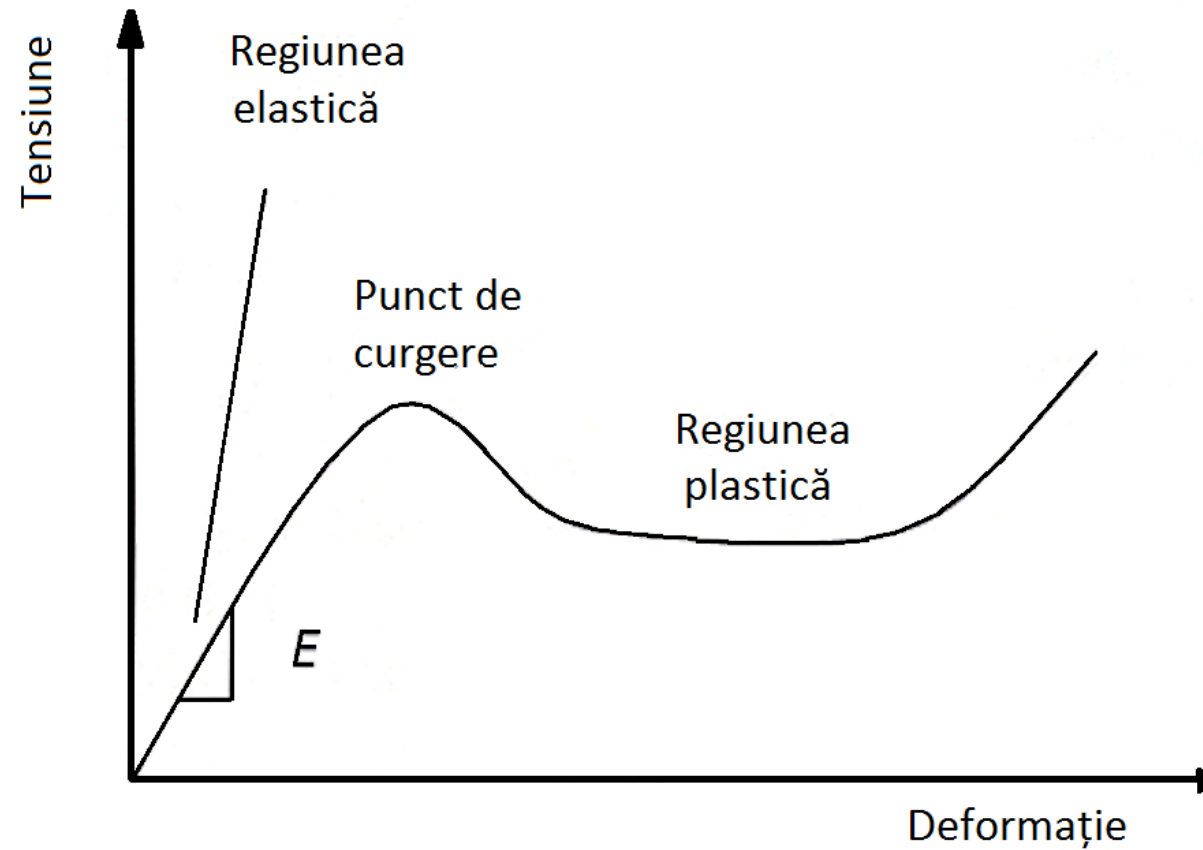


Figura IV.3 Proprietăți tipice efort – deformare pentru un material ductil care prezintă

- comportare inițială elastică (liniară),
- urmată de deformare plastică până la punctul de creștere a efortului,
- și apoi de ruperea probei la limita de solicitare

IV.2 Lichidul ideal

Legea lui Newton: tensiunea de forfecare și viteza de deformare sunt proporționale, constanta de proporționalitate fiind viscozitatea

- $\tau = \eta \cdot \gamma = \eta \cdot \frac{d\gamma}{dt}$

IV.3 MATERIALELE VISCOELASTICE

- Solid – la temperaturi joase sau intervale scurte de timp
- Lichid – la temperaturi înalte sau intervale lungi de timp

CARACTERIZAREA MATERIALELE VISCOELASTICE

A Testul de fluaj

Proba este supusă unei tensiuni constante și se înregistrează deformația ca funcție de timp

B Relaxarea eforului:

Proba este supusă unei deformații constante și se înregistrează tensiunea ca funcție de timp

C. Analiza mecanică dinamică:

Proba este supusă unei deformații sinusoidale și se măsoară tensiunea rezultată

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

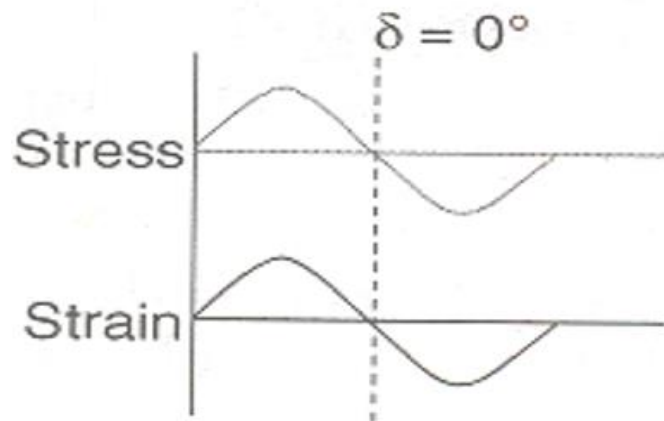
2 CARACTERIZAREA MATERIALELE VISCOELASTICE

$$\sigma(t) = E \cdot \varepsilon(t) = E \cdot \varepsilon_0 \cdot \sin(\omega t) = \sigma_0 \cdot \sin(\omega t)$$

Pentru **solidul ideal**:

$$E = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}$$

Purely elastic response
(Hookean solid)

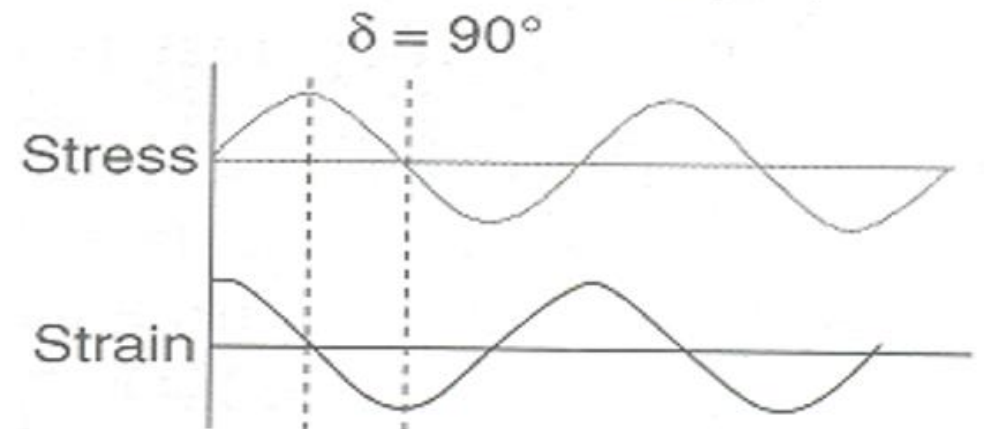


Pentru **lichidul ideal**:

$$\gamma = \gamma_0 \cdot \sin(\omega t)$$

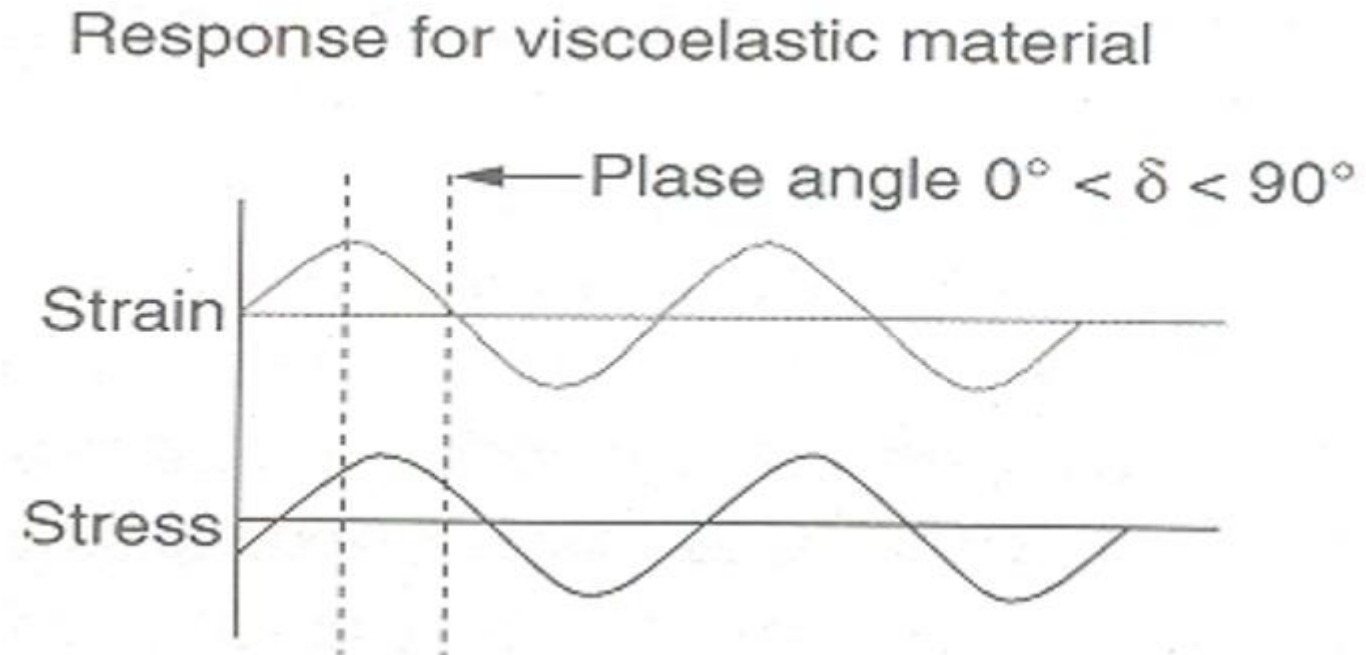
$$\tau(t) = \eta \cdot \gamma_0 \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Purely viscous response
(Newtonian liquid)



2 CARACTERIZAREA MATERIALELE VISCOELASTICE

Pentru materiale viscoelastice



Modulul complex

Modulul complex poate fi împărțit în componentele reale și imaginare

$$E^* = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon(t)} = \frac{\sigma_0 \cdot e^{i(\omega t + \delta)}}{\varepsilon_0 \cdot e^{i\omega t}} = \left(\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \right) \cdot e^{i\delta} = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cdot (\cos(\delta) + i \sin(\delta))$$

$$E^* = E' + i E''$$

$$E' = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cdot \cos(\delta)$$

$$E'' = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cdot \sin(\delta)$$

- E' modulul de înmagazinare
- E'' modulul de pierdere

Modulul complex

- Pentru un solid ideal: $E' =$ modulul lui Young,
 $E''=0$
- Pentru un lichid ideal $E'=0$
 E'' - este legat de viscozitate

- **Factor de pierdere** sau **tangenta de pierdere**

$$\frac{E'}{E''} = \frac{\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cdot \cos(\delta)}{\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cdot \sin(\delta)}$$

$$|E^*| = |E'^* + E''^*|^{1/2}$$

$$\frac{E'}{E''} = \frac{\cos(\delta)}{\sin(\delta)} = \tan(\delta)$$

Analiza DMA

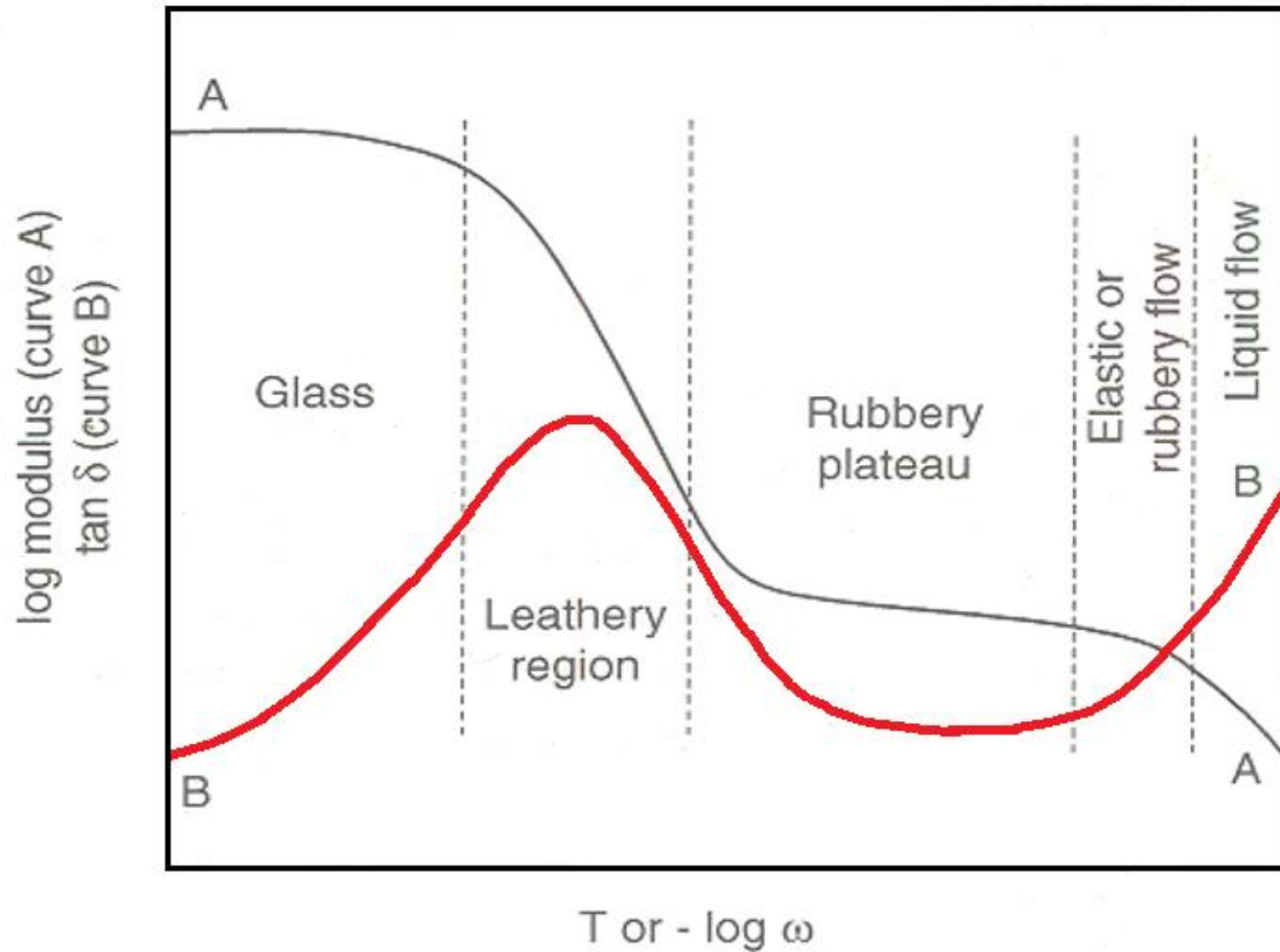
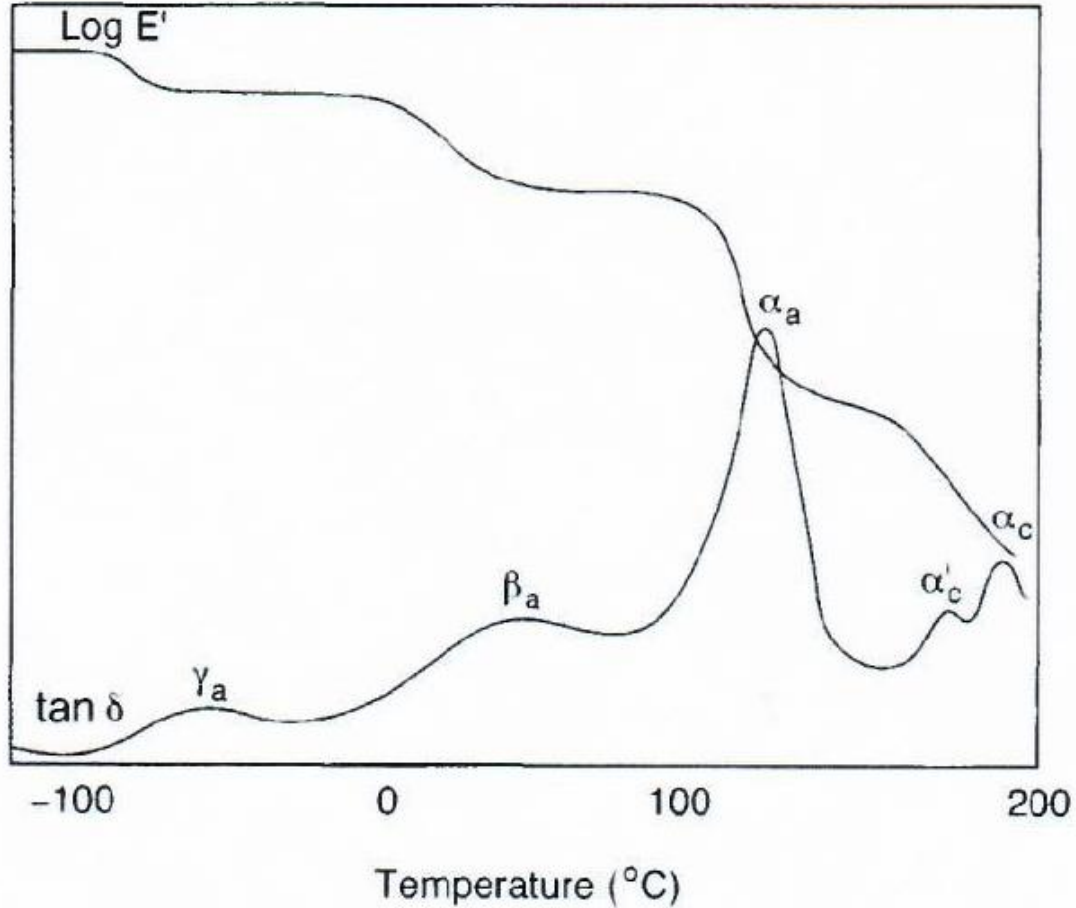


Figura IV. 4 Tangentei pierderii și a modulului pentru un polimer liniar amorf

Polimeri amorfi



Temperatura de vitrifiere (relaxarea α) este influențată de:

- Flexibilitatea lanțului
- Reticularea
- Plastifianți
- Umpluturi

Polimeri semicristalini

Se pot identifica următoarele tipuri de relaxare:

- În faza amorfă
- În faza cristalină
- Atât în faza amorfă cât și în cea cristalină
- Procese ce implică caracteristici pe scară largă a morfologiei cristaline