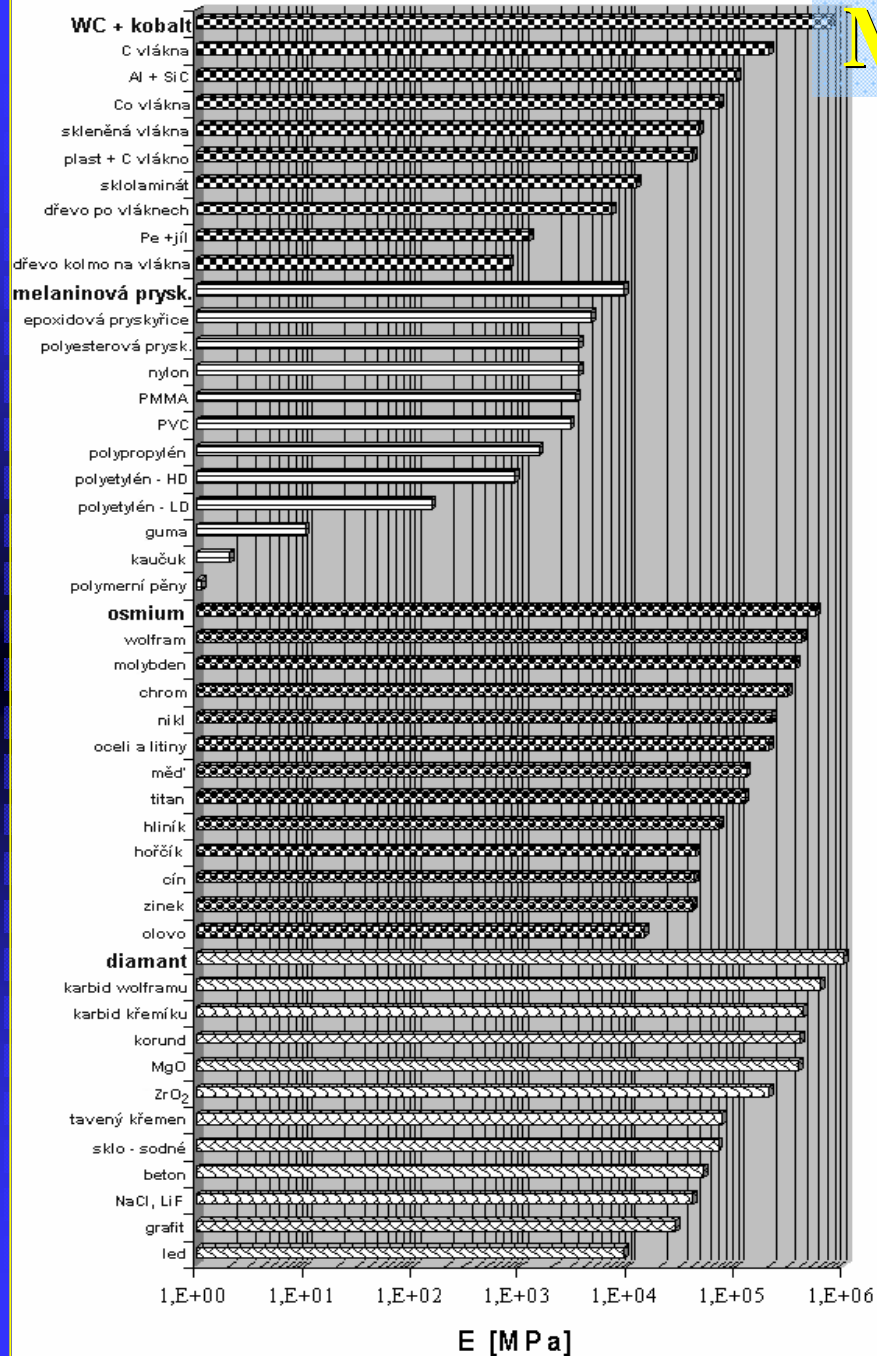


# Plasty

- Fyzikální podstata
- Deformace
- Mezní stav

# Moduly pružnosti materiálů



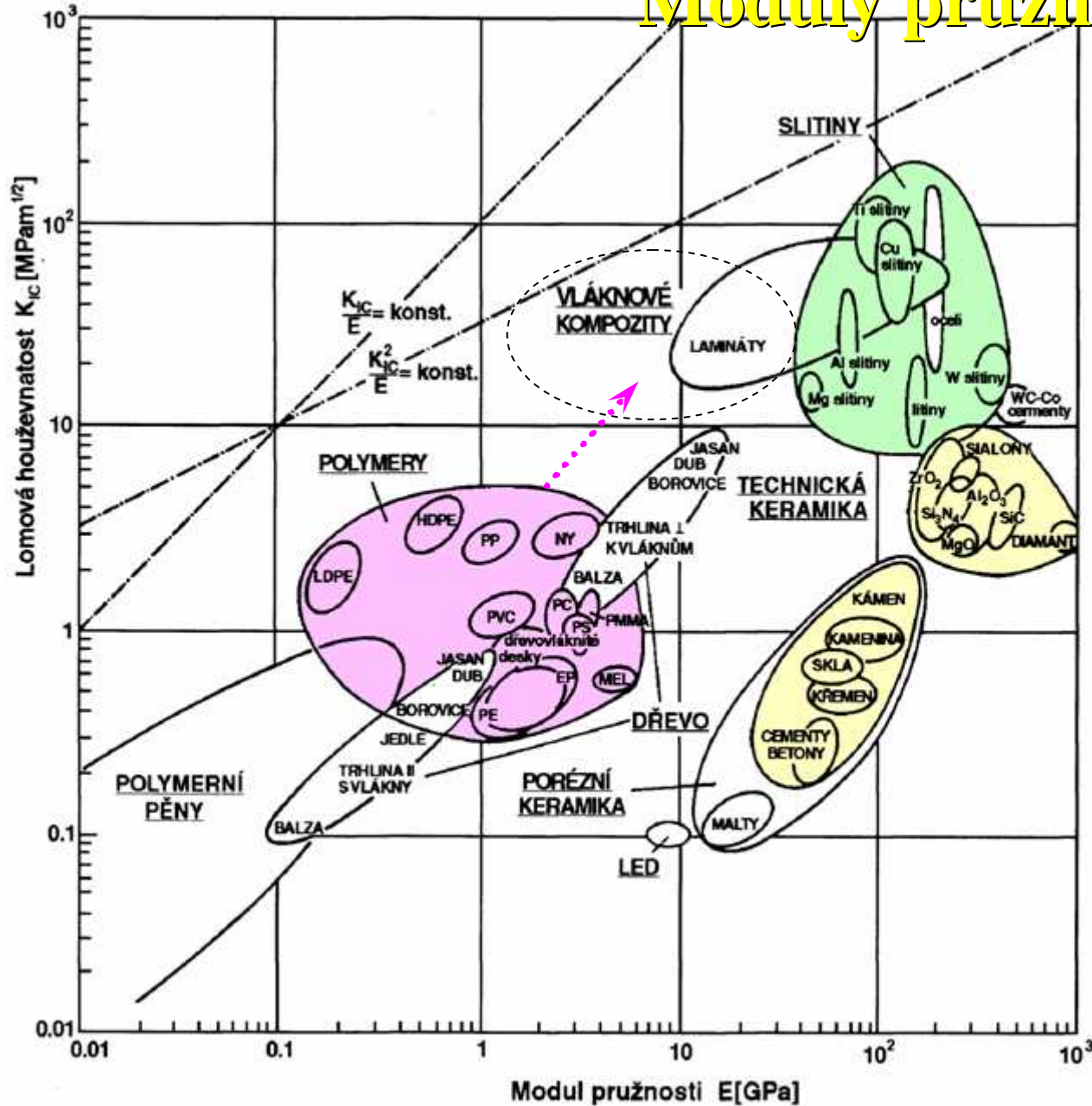
**KOMPOZITY**

**POLYMERY**

**KOVY**

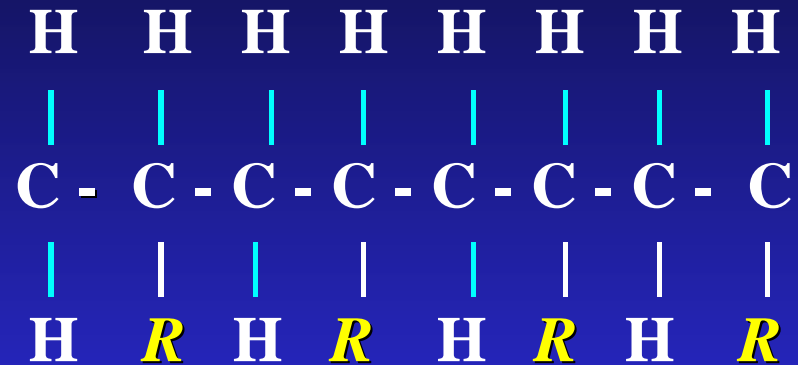
**KERAMIKA**

# Moduly pružnosti materiálů





# Vazby – polymery (plasty)

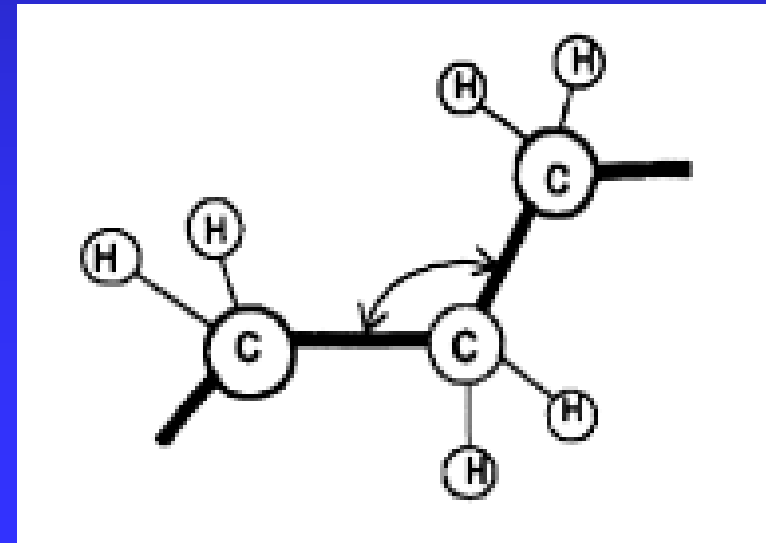
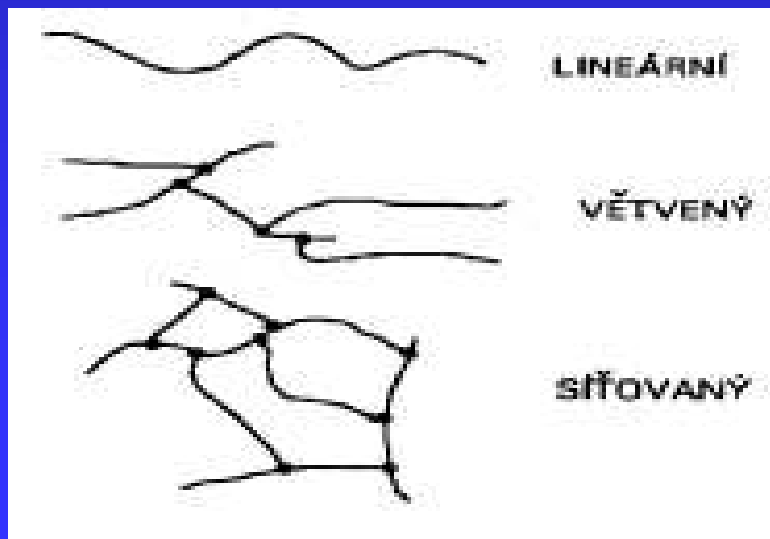


- $\mathbf{R}$  ---- H polyetylén (odpadní trubky, izolátory)
- $\mathbf{R}$  ---- CH<sub>3</sub> polypropylén (odolnější vůči světlu, auto)
- $\mathbf{R}$  ---- Cl polyvinylchlorid (střešní a podlahové krytiny)
- $\mathbf{R}$  ---- C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> polystyrén (gram desky, příbory, izolace)

# Vazby – polymery (plasty)

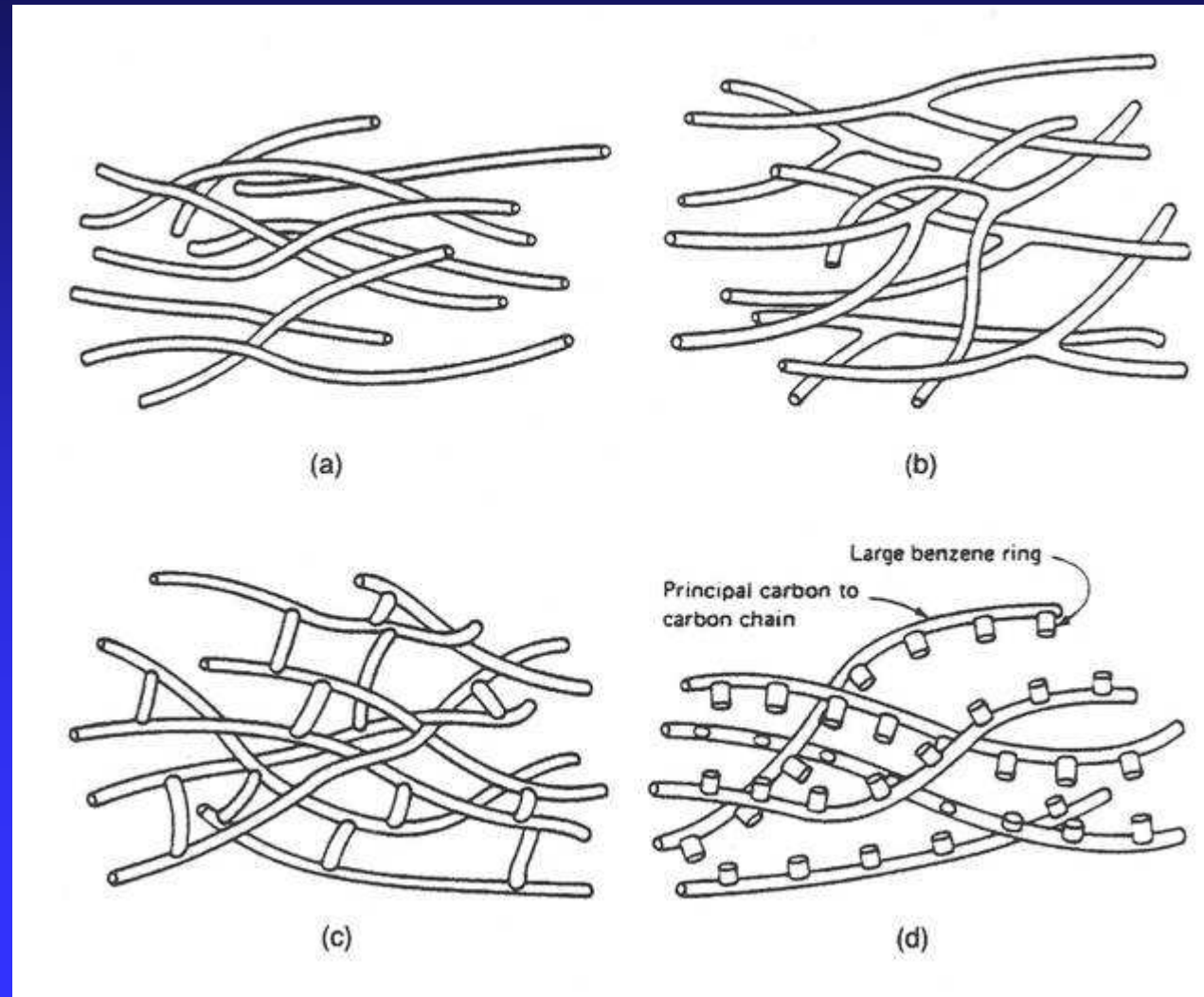
## Struktura molekuly:

- ◆ kovalentní vs sekundární vazby
- ◆ polární charakter >> mezimolekulární iontové vazby
- ◆ vazební úhel (C-C), ohyb a variace uspořádání



# Polymery (plasty)

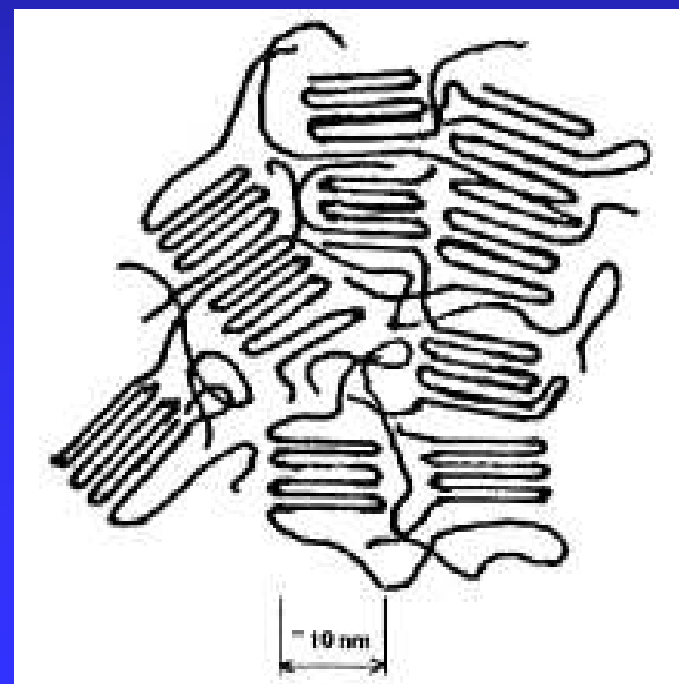
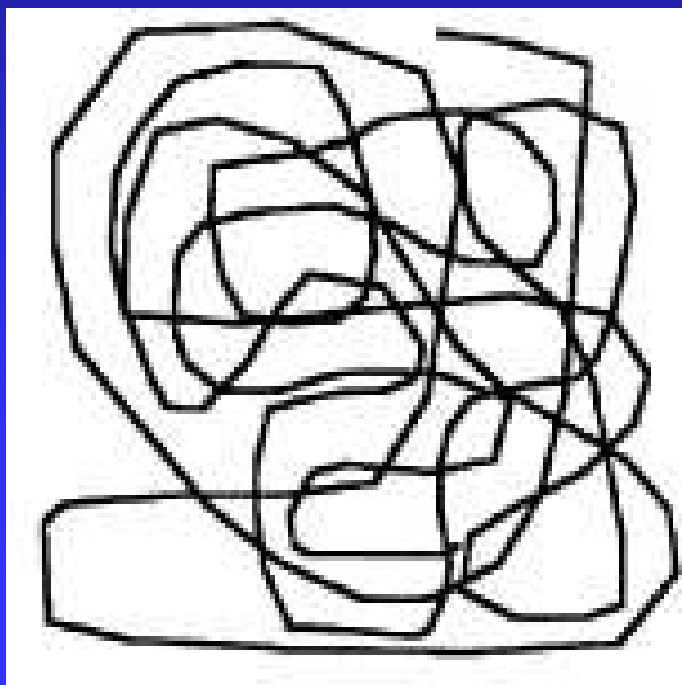
## Tvary molekul plastů



# Kovalentní vazba – polymery (plasty)

## Struktura nadmolekuly:

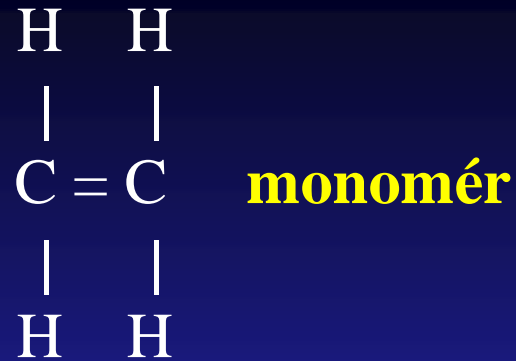
- ◆ Velikost základního článku polymerního řetězce
- ◆ Úhel mezi sousedními vazbami





# Polymery (plasty)

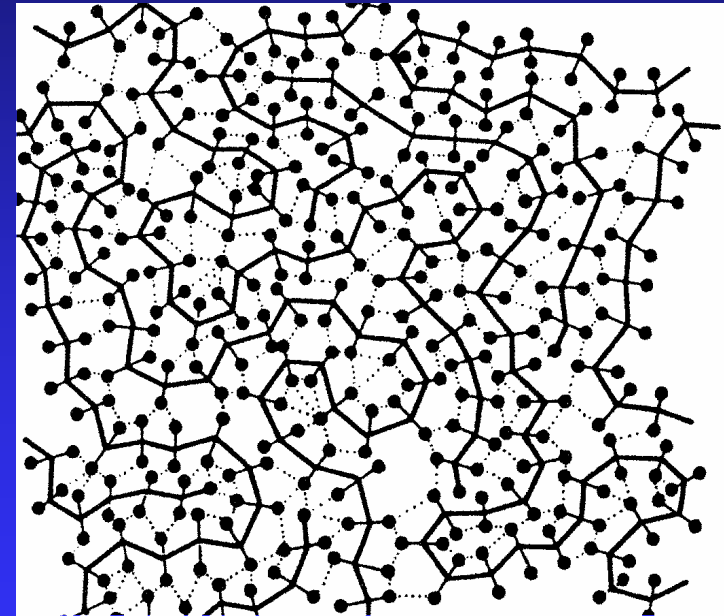
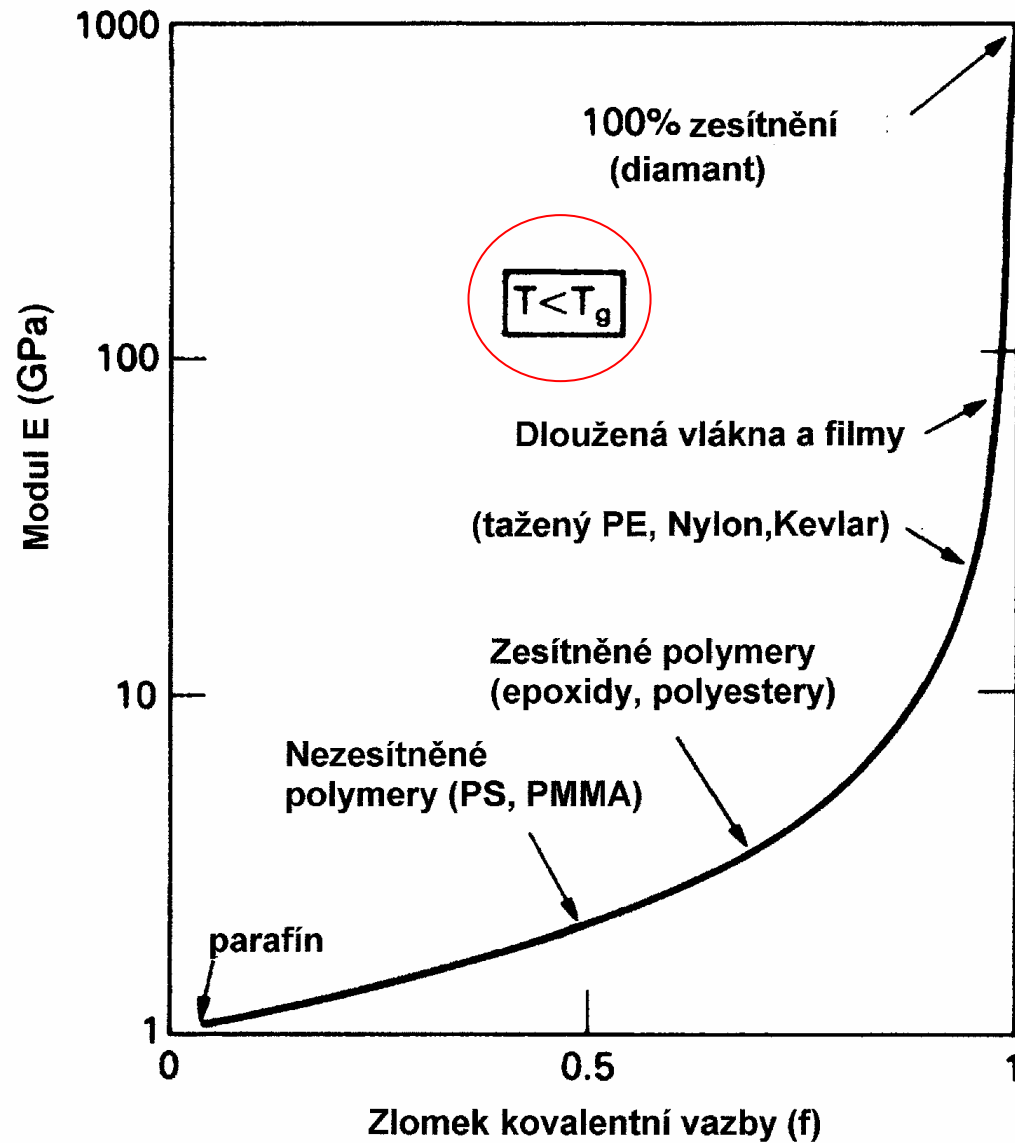
**Etylén**



Počet monomérů (n)	teplota měknutí °C	charakter při +20°C
1	-167	plyn
6	-12	kapalina
35	37	tuk
140	93	vosk
430	109	pevná látka

Stupeň polymerizace  $10^3 \approx 10^5$

# Vazby - Polymery (plasty)

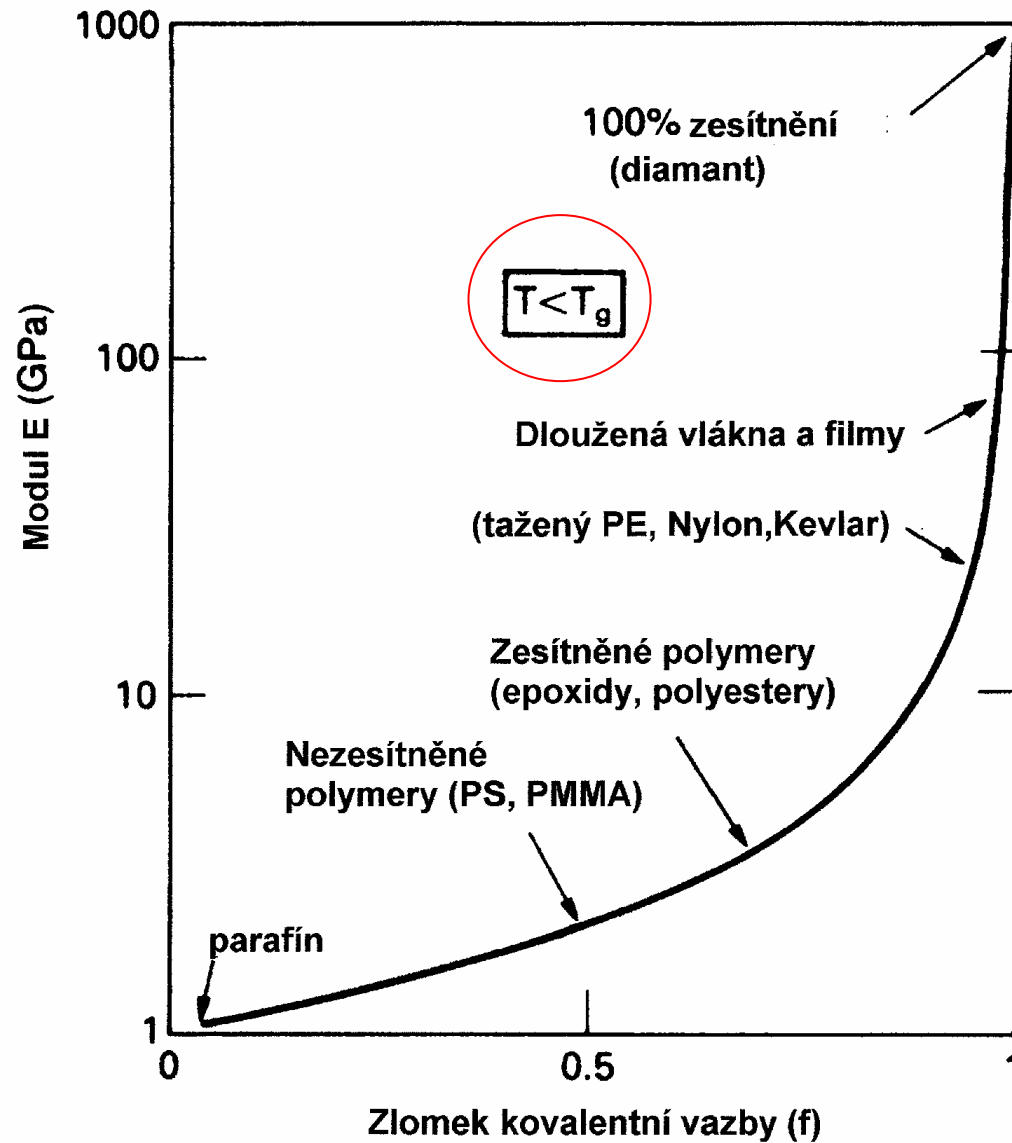


# Polymery (plasty)

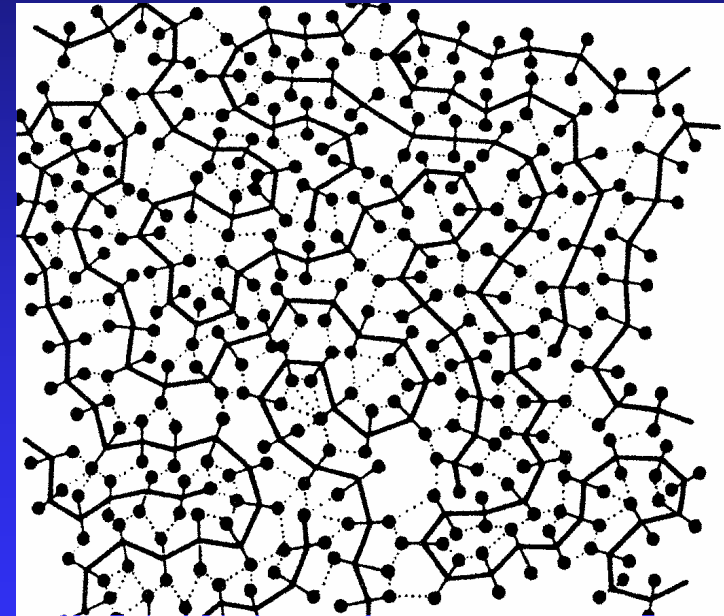
- ❖ „Nízkoteplotní“ ( $T < T_g$ )
  - Amorfní (skelný) stav (polystyrén, PVC, polymetylmetakrylát – PMMA)
  - Krystalický - semikrystalický stav (polyetylén, polypropylén)
- ❖ Elastomery - pryže
- ❖ Vizkoelastický (kaučukový) stav (uspořádání na větší vzdálenost)
- ❖ Polymerní tavenina (makromolekuly po sobě)

Rostoucí teplota

# Vazby - Polymery (plasty)

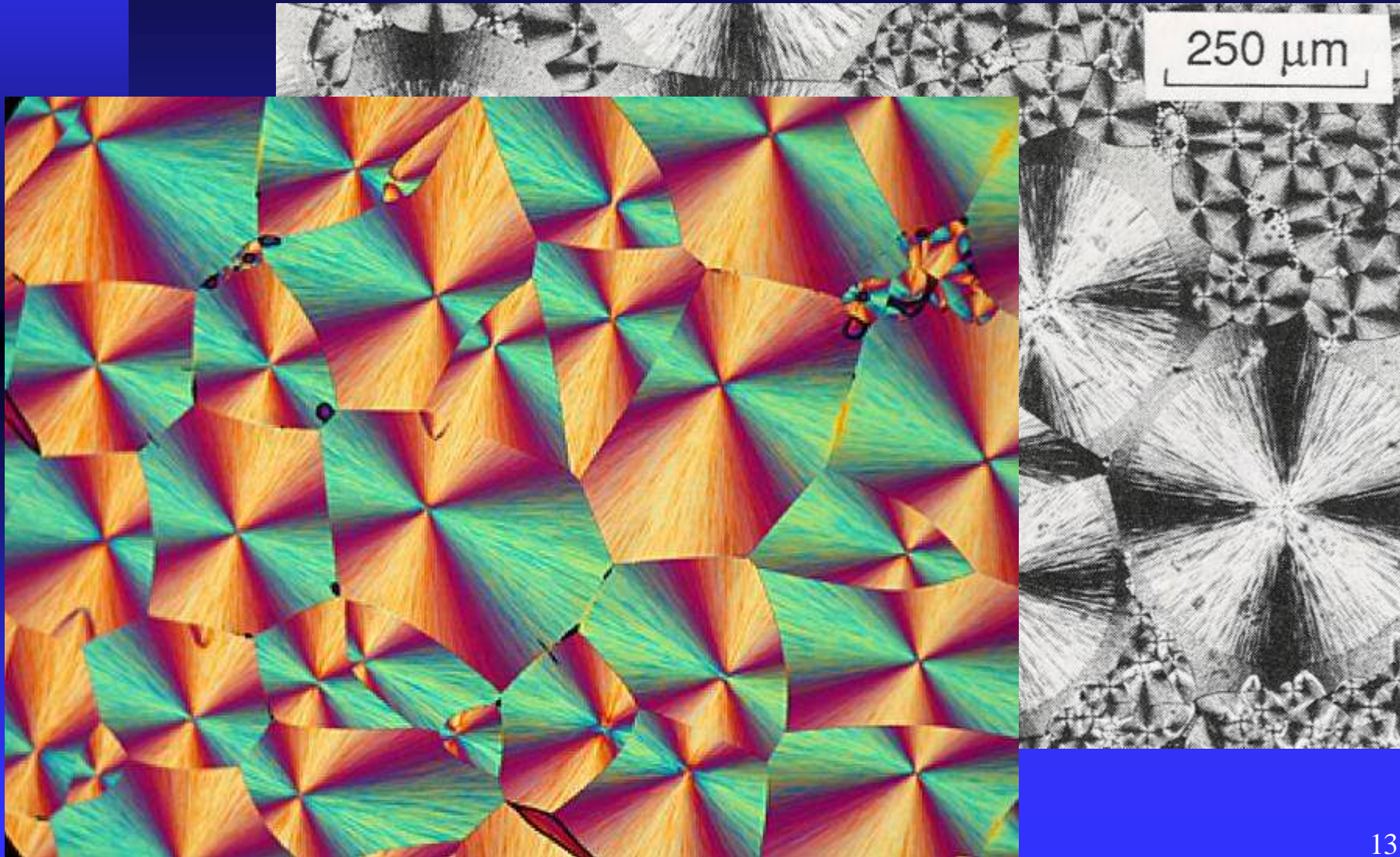


## Skelná oblast



# Polymery (plasty)

## Krystaly plastu - sferolity



## Polymery (plasty)

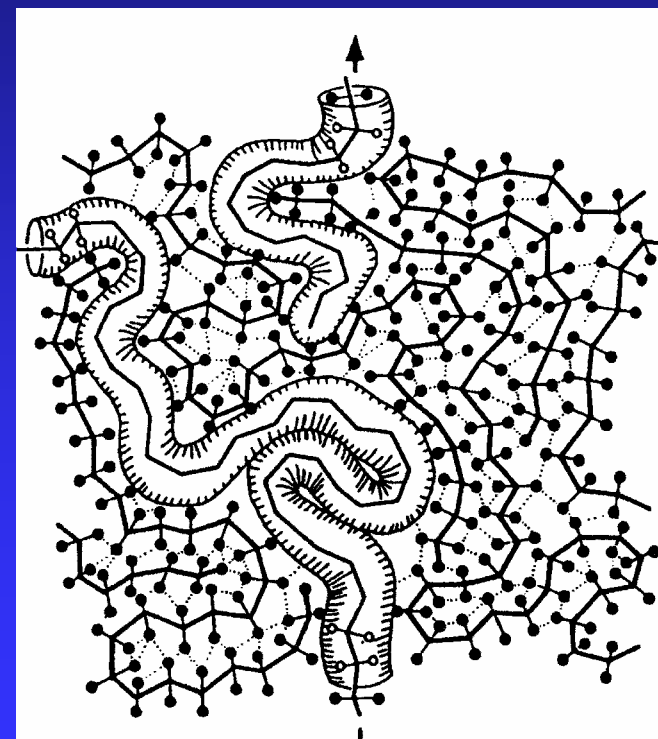
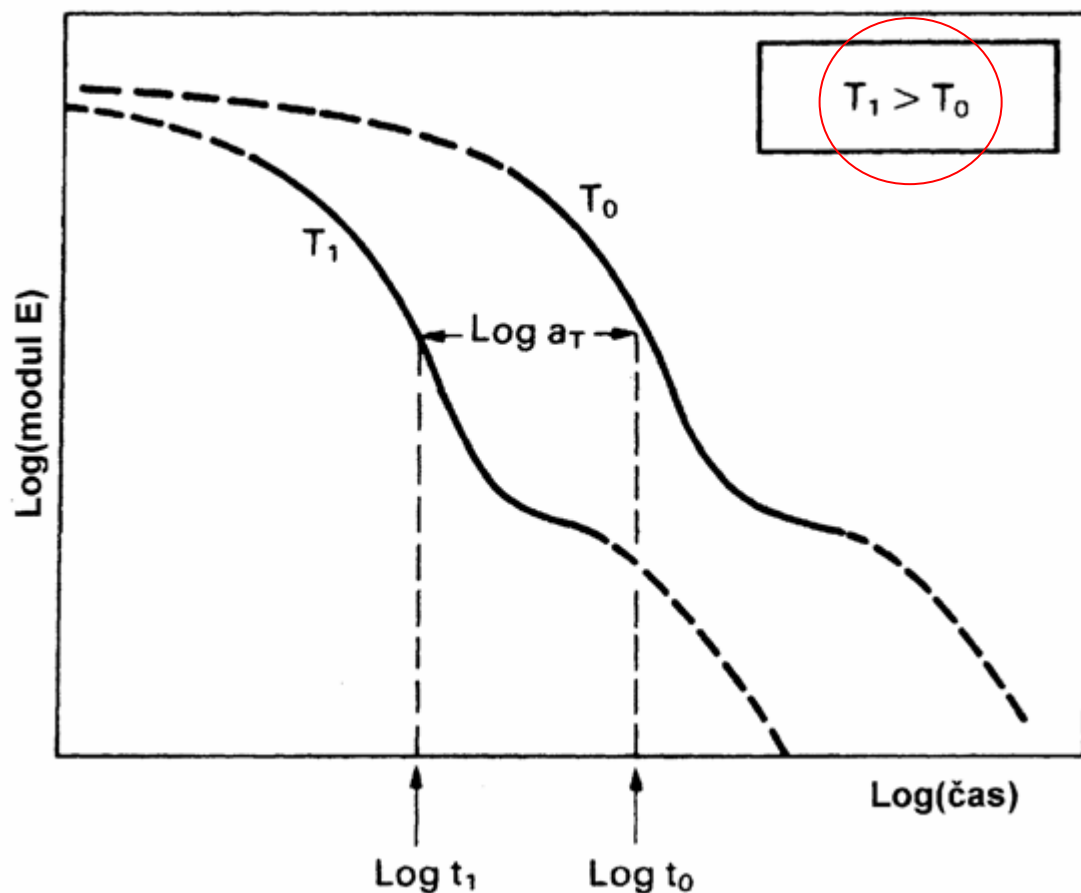
- ❖ „Nízkoteplotní“ ( $T < T_g$ )
  - Amorfní (skelný) stav (polystyrén, PVC, polymetylmetakrylát – PMMA)
  - Krystalický - semikrystalický stav (polyetylén, polypropylén)
- ❖ Elastomery - pryže
- ❖ Vizkoelastický (kaučukový) stav (uspořádání na větší vzdálenost)
- ❖ Polymerní tavenina (kapalina, makromolekuly po sobě)

Rostoucí teplota

# Polymery v závislosti na teplotě

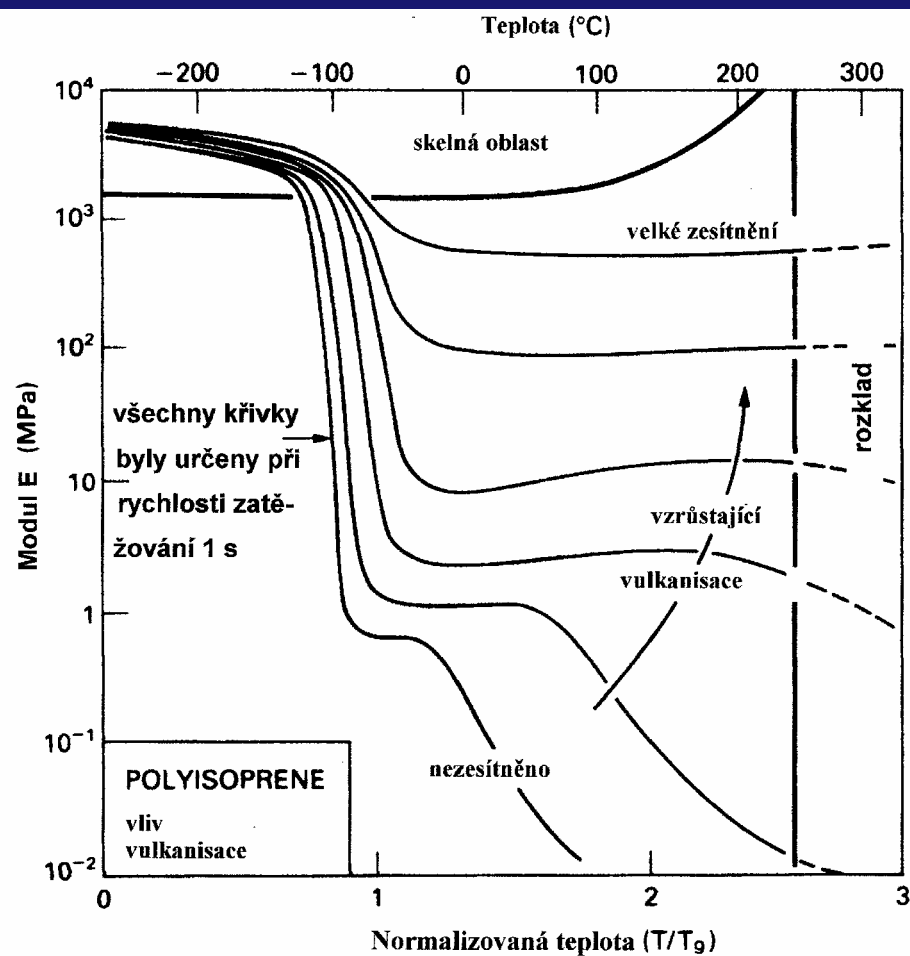
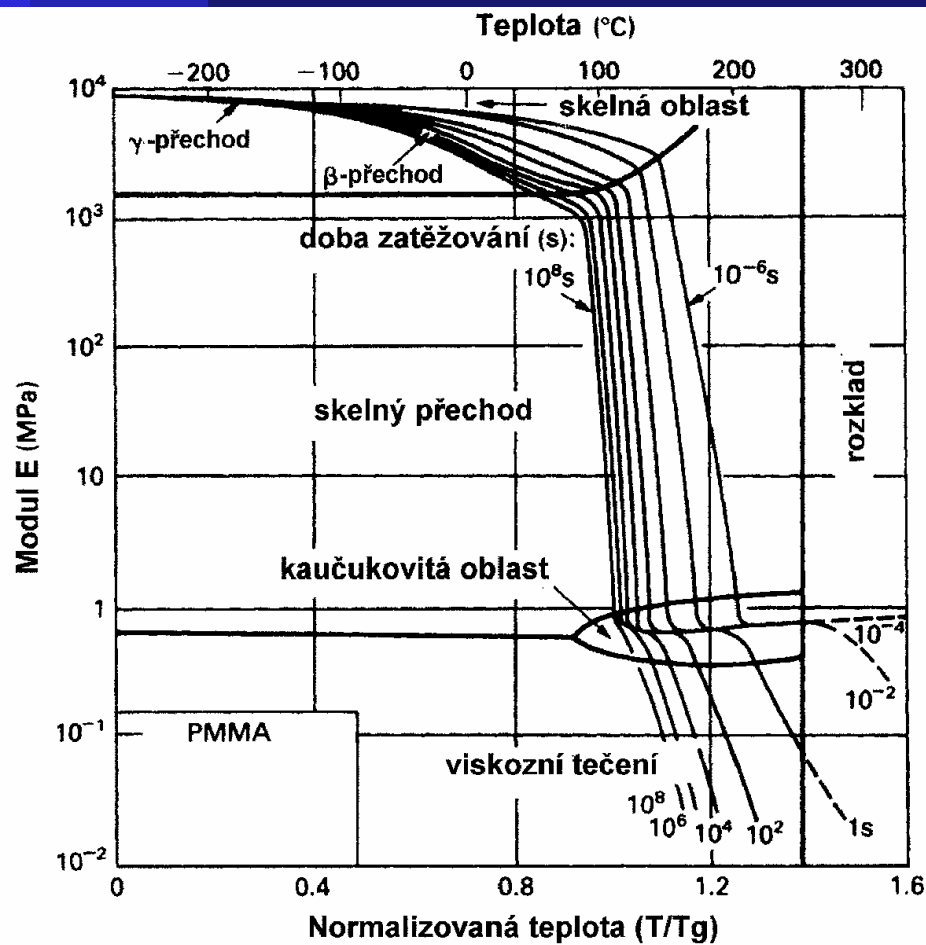
## Oblast skelného přechodu - $T_g$

Sekundární vazby začínají tát



# Polymery v závislosti na teplotě

## Příklady teplotní závislosti E





# Deformace – polymery (plasty)

## Mikromechanismy deformace:

- Polymerní kapalina
- Kaučuková pružnost – vliv sekundárních vazeb
- Pružná deformace v mikroměřítku (molekuly)
  - ◆ délky vnitřních vazeb v řetězci
  - ◆ deformace vazebních úhlů řetězce
  - ◆ deformace slabých mezimolekulárních vazeb

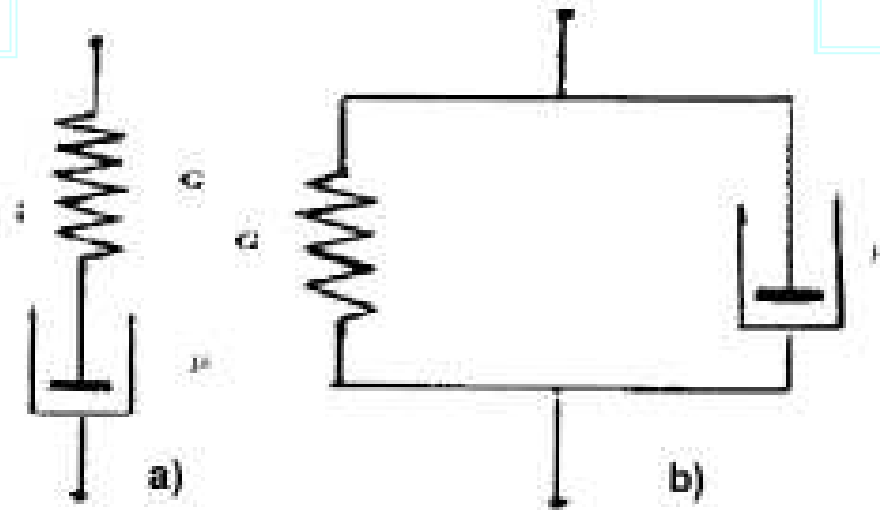
# Deformace – polymery (plasty)

## Reologické modely

- Maxwellův
- Kelvinův (Voigtův)
- Kombinace – přesnější popis

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{1}{G} \cdot \frac{d\tau}{dt} + \frac{\tau}{\mu}$$

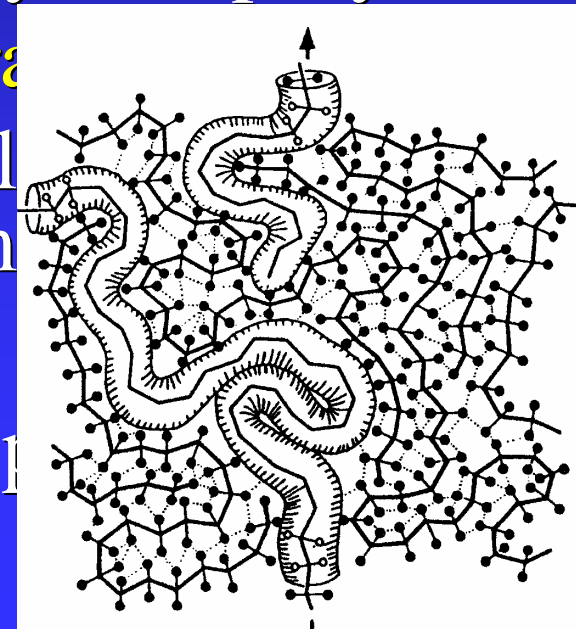
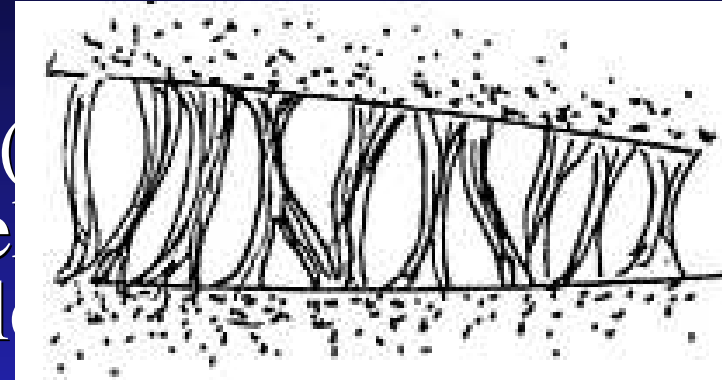
$$\tau = G \cdot \gamma + \mu \cdot \frac{d\gamma}{dt}$$



# Deformace – polymery (plasty)

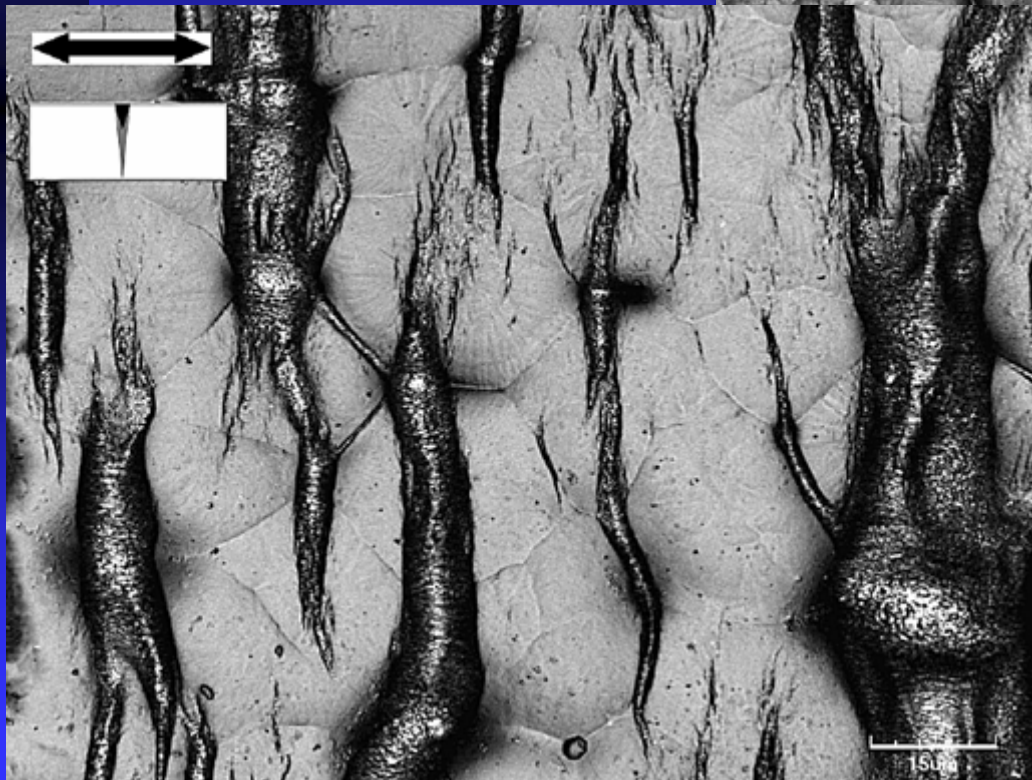
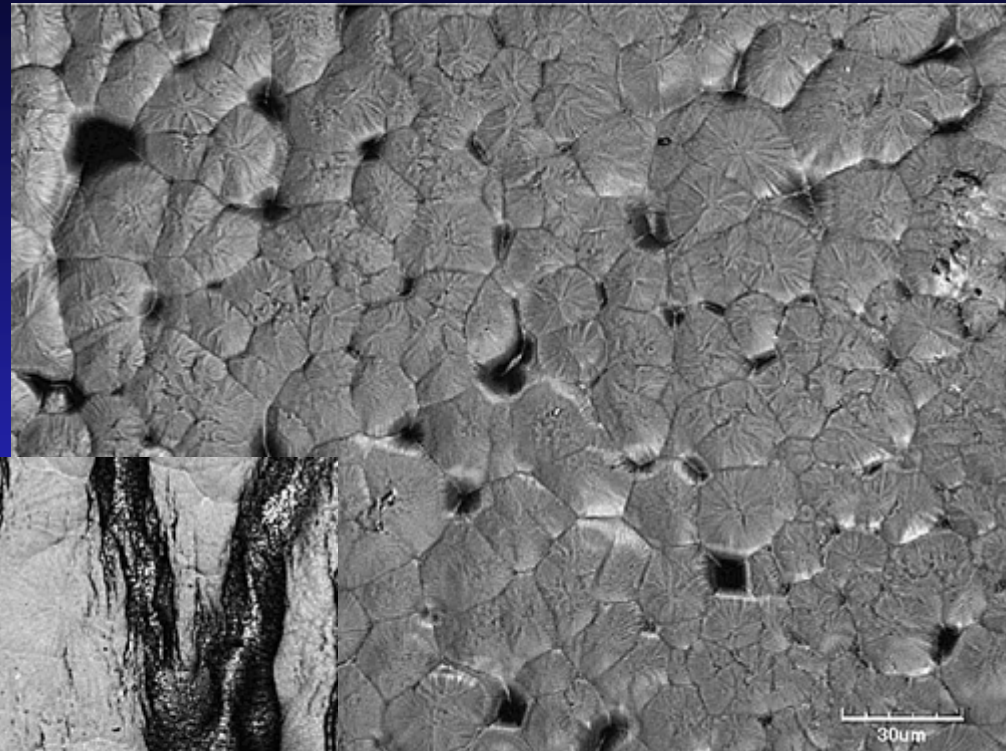
## Deformace v makroměřítku

- **Posuvy mezi molekulami** (slabé vazby)
  - >>> porušování mezimolekulárních vazeb (výrazná mez kluzu v důsledku změny)
  - smyková složka napětí – smykové pásy
- **Crazing (stříbření)** – tvorba craze (diskové útvary až mikrofibryl)
  - průhledné – lokalizace deformace
  - tahová složka napětí
- **Kaučukové** – vizkózní tok od povrchu do povrchu
  - výrazná mez kluzu



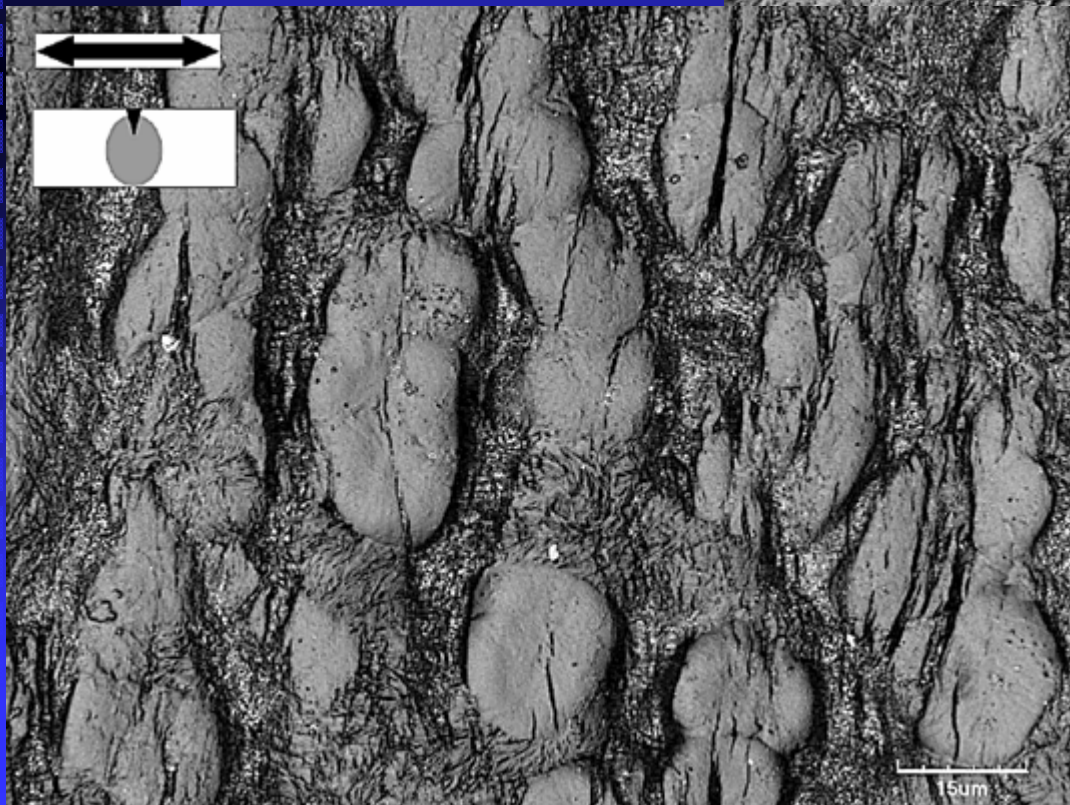
# Deformace – polymery (plasty)

- polypropylen

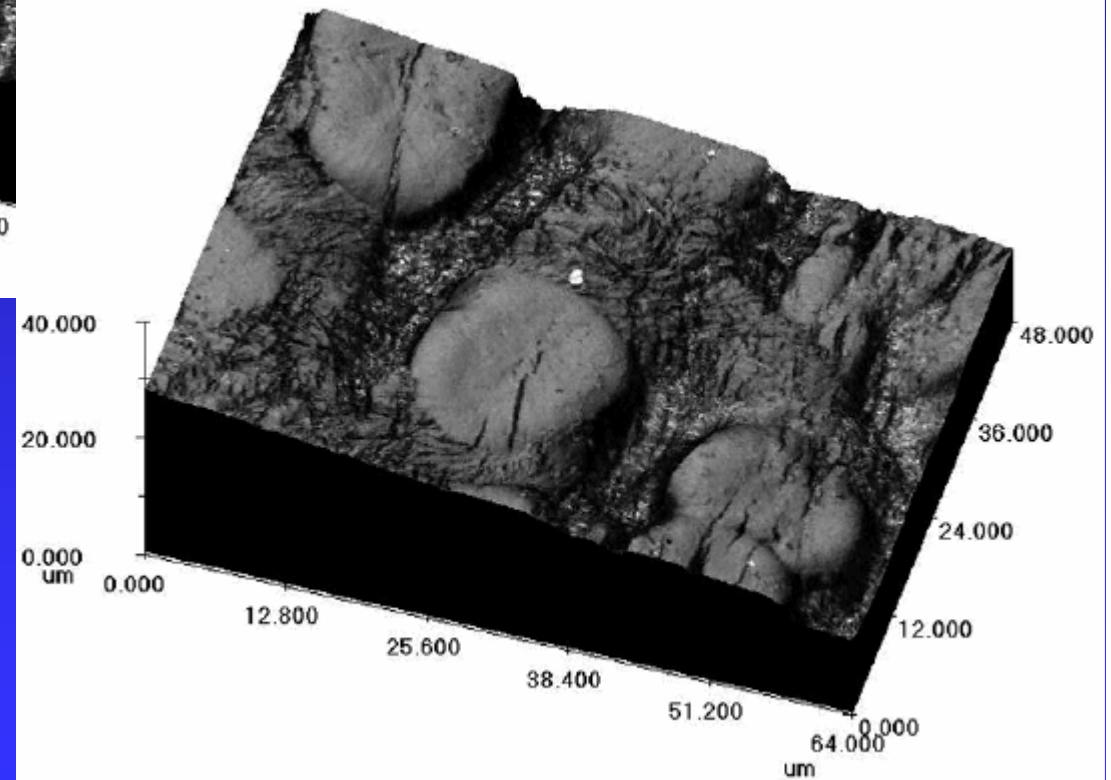
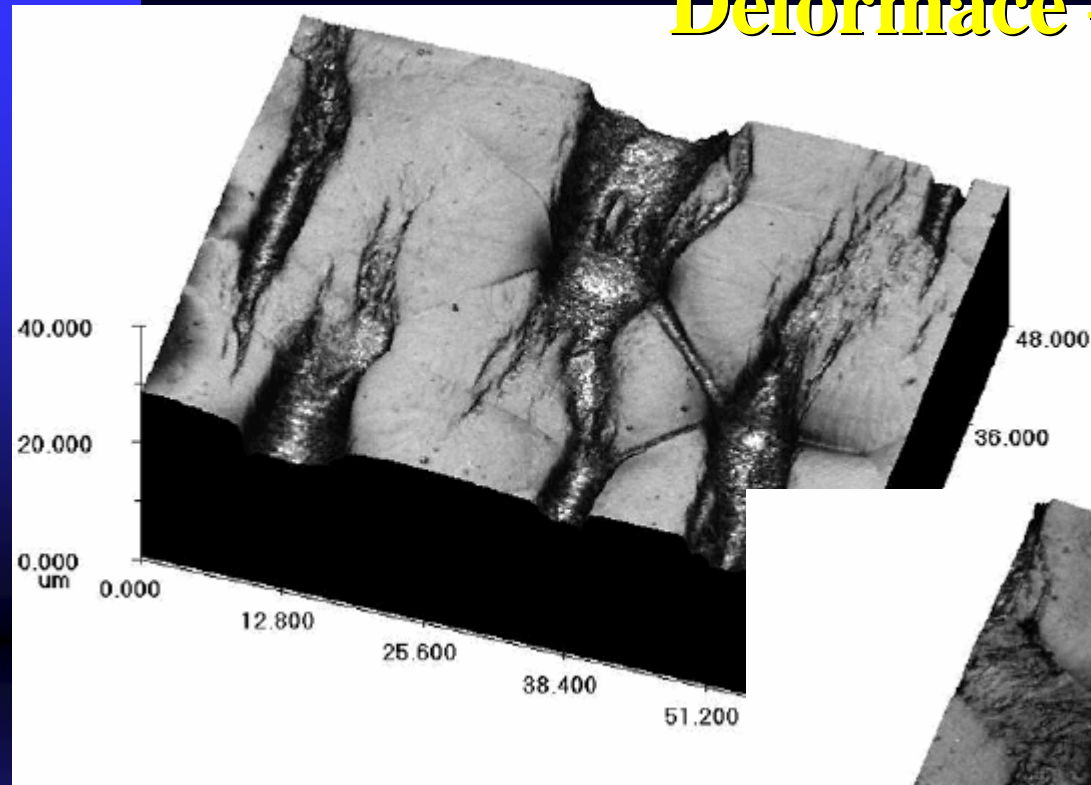


# Deformace – polymery (plasty)

- polypropylen



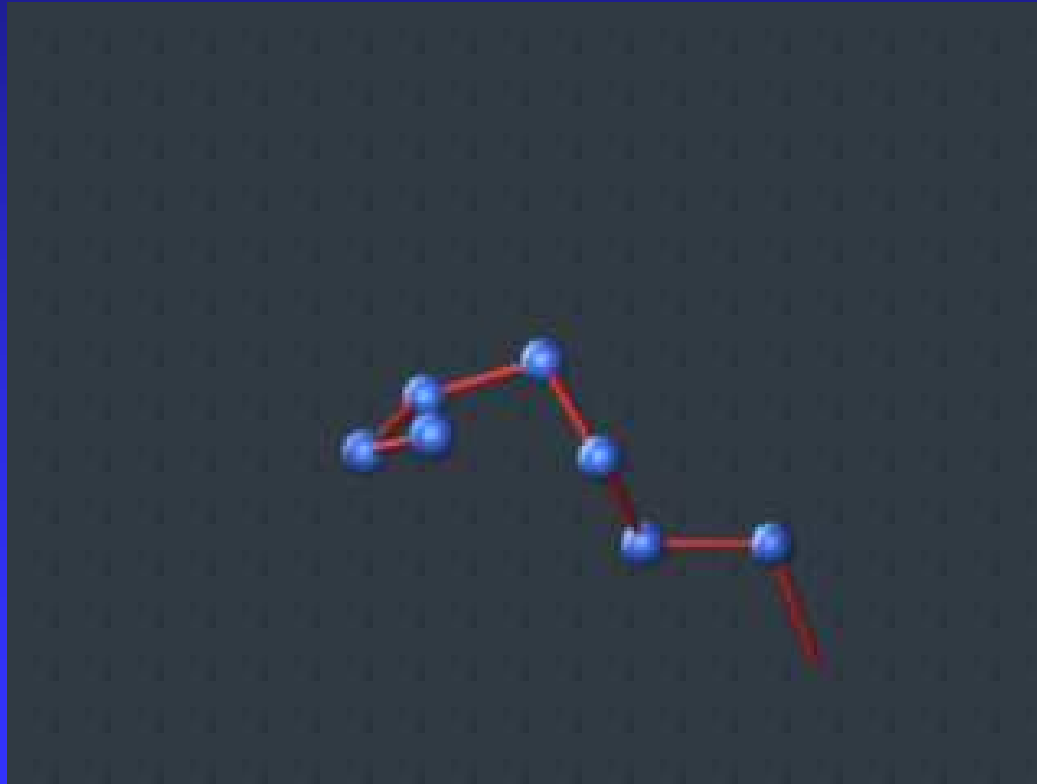
# Deformace – polymery (plasty)



# Deformace – polymery (plasty)

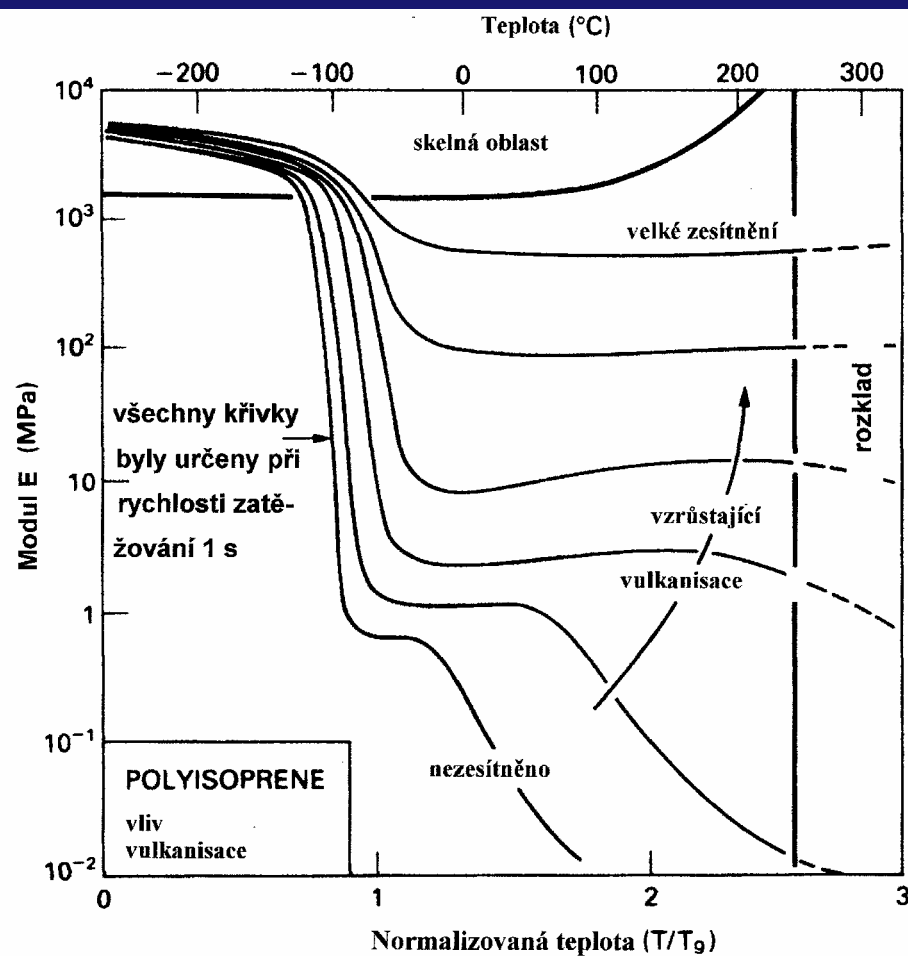
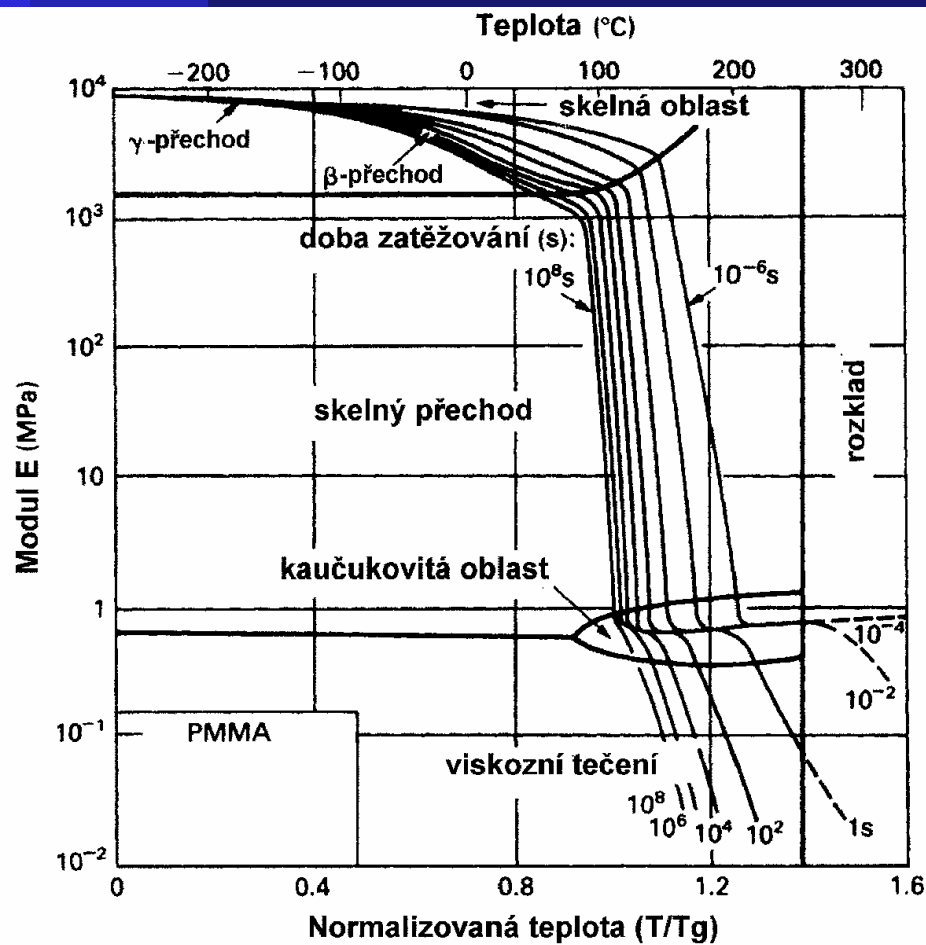
## Kaučukovitá oblast

Pryže - pružná deformace, kde  $\mu = 0,5$



# Polymery v závislosti na teplotě

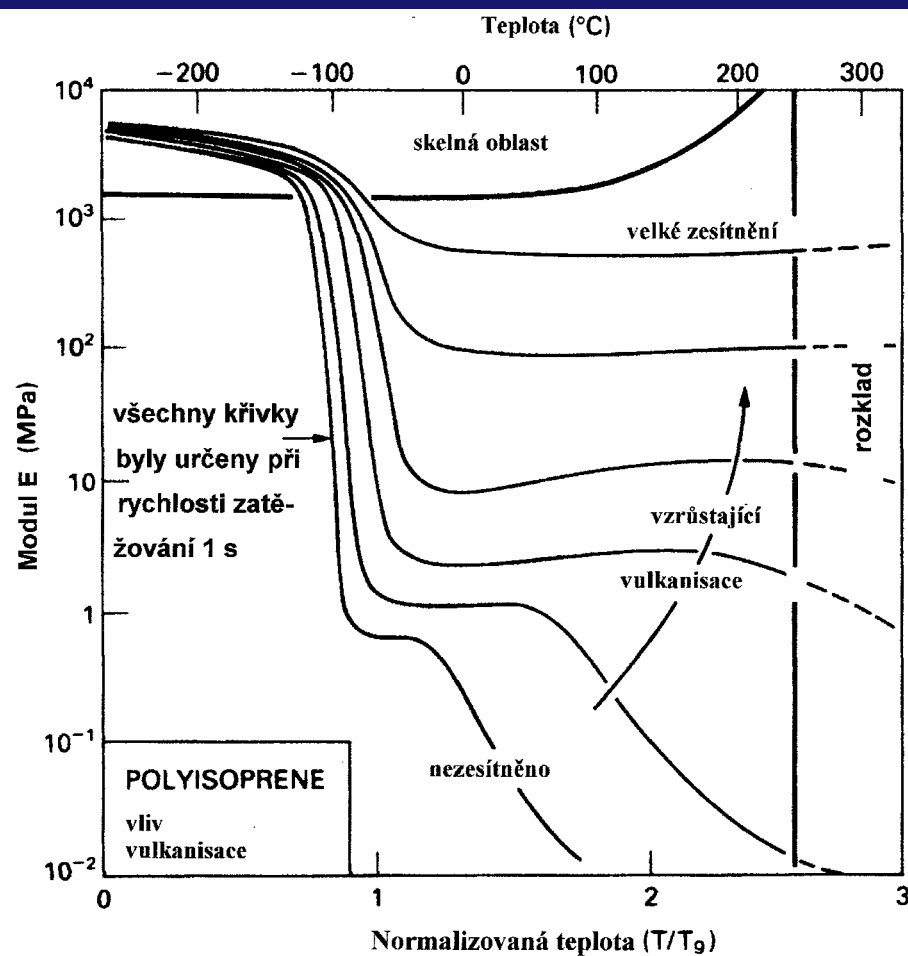
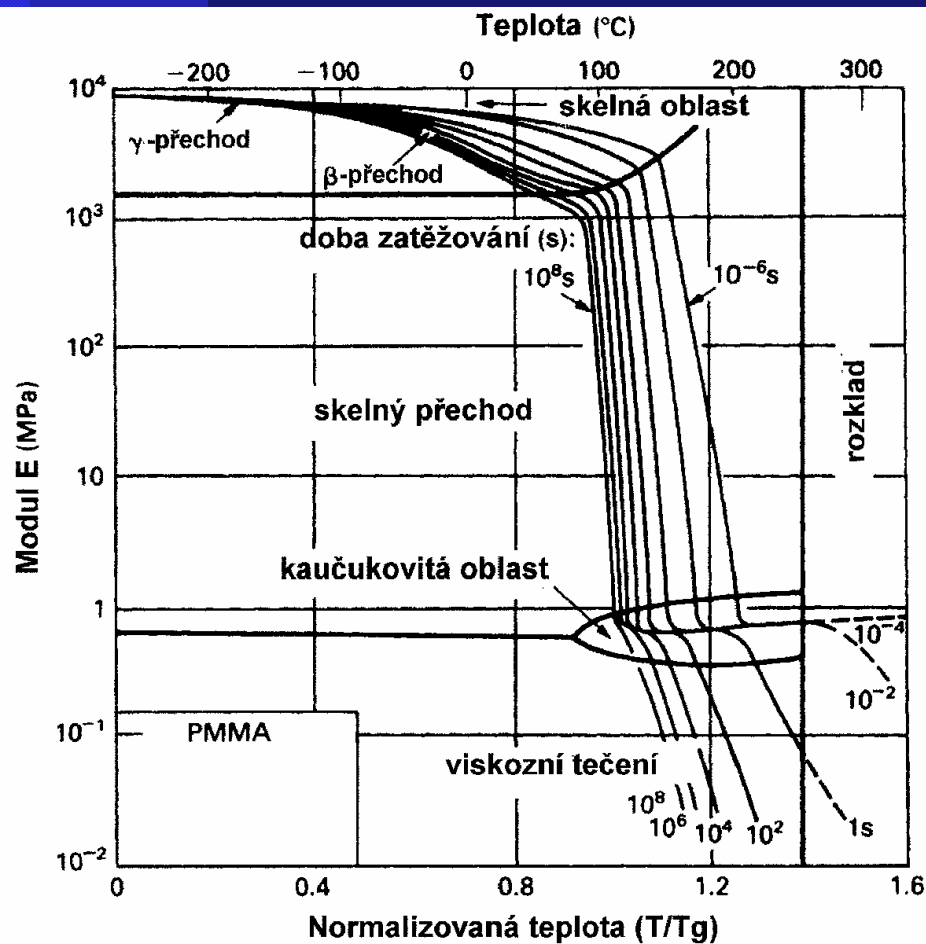
## Příklady teplotní závislosti E





# Polymery v závislosti na teplotě

## Příklady teplotní závislosti E



# Polymery – mezní stavy

*Mezní stavy – srovnatelně větší význam než u jiných materiálů !!!*

- Časové hledisko - změny vazeb >>> parametrů
- Vliv rychlosti zatěžování – změny mikromechanismů
- Vliv teploty - změny v zesítnění >>> deformace
- Přítomnost defektů - triaxialita atd. >>> změny mechanismů deformace a lomu

**Porušení - (mezní stav v mikro i makroměřítku)  
pevnost vazeb x pravděpodobnost zpětného propojení**