

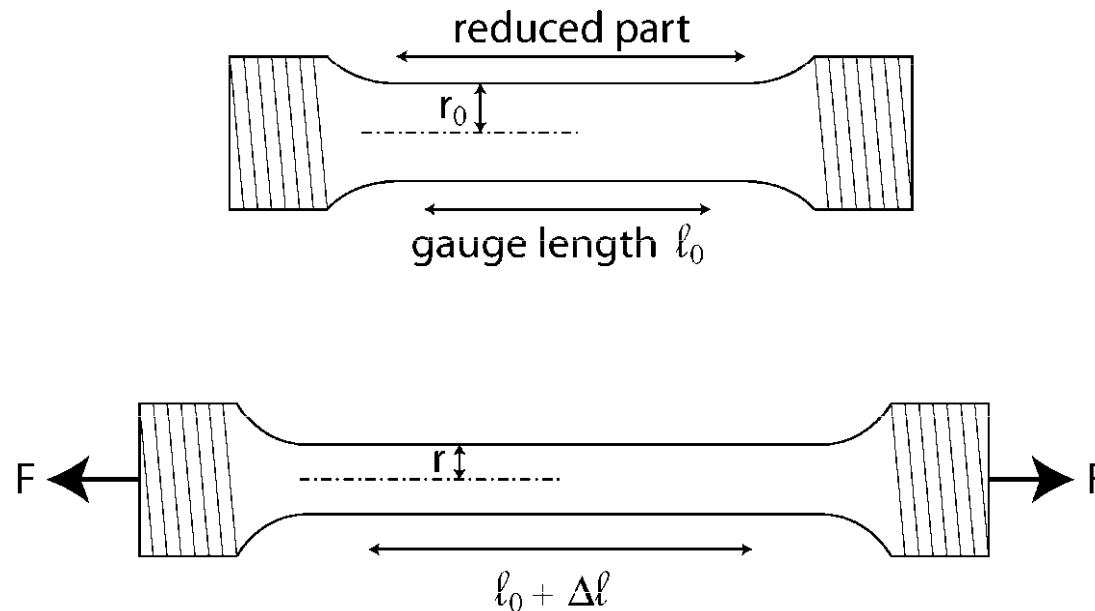
Mechanické vlastnosti: definice, měření

<u>Test</u>	<u>Vlastnosti</u>
Tahová zkouška	Elastické konstanty (E, ν , G), mez kluzu, mez pevnosti, prodloužení
Kompresní zkouška	Elastické konstanty (E, ν , G), mez kluzu
Zkouška tvrdosti	Tvrdost
Únavové zkoušky	Cyklická deformační křivka, mez únavy
Creep	Creepová životnost, c. exponent
Charpyho test	Vrubová houževnatost, teplota křehce - tvárného přechodu

....

Oblíbené jsou zkoušky, které jsou 1) jednoduše proveditelné a 2) jejich výsledky jsou jednoduše interpretovatelné; obojí splňuje v podstatě jen tahová zkouška.

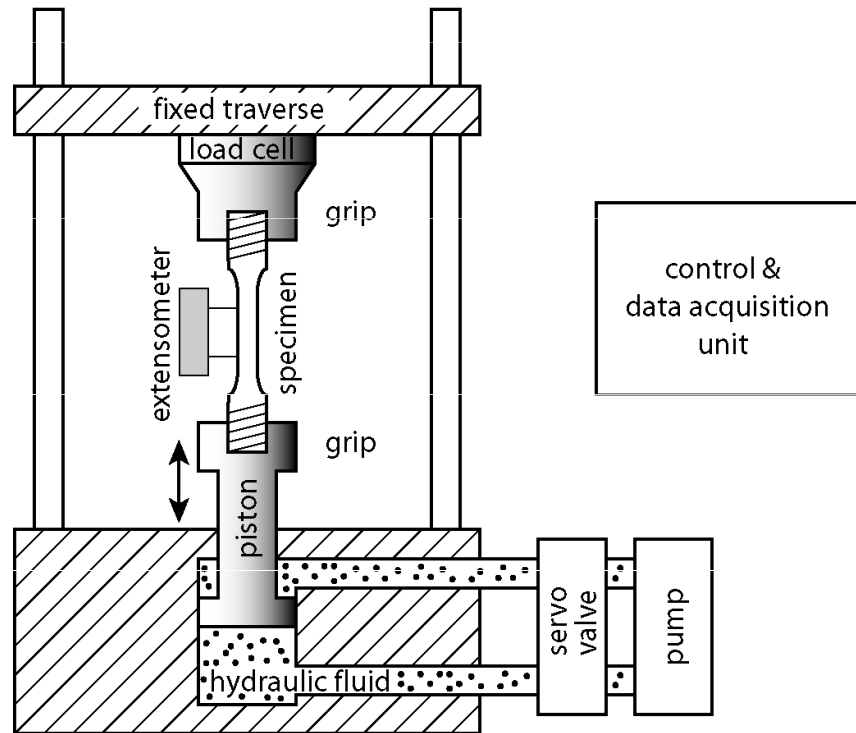
Tahová zkouška: princip



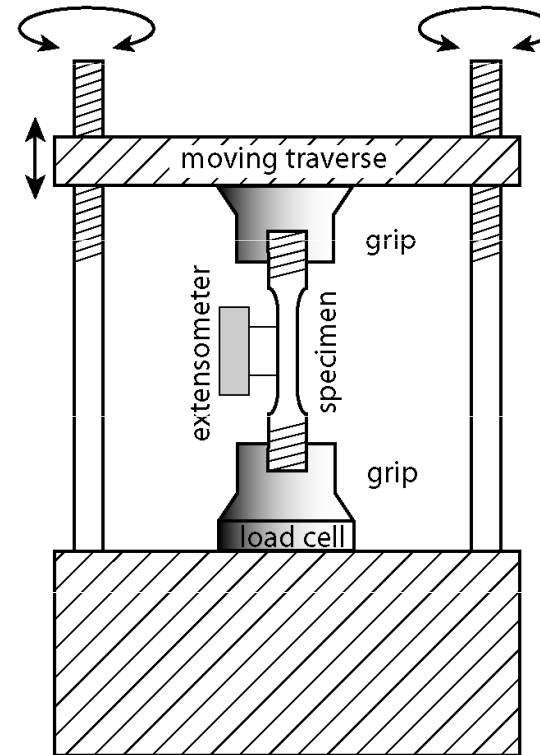
- tvar vzorku: měrná délka, přechodová část, hlava válcový, plochý
- měřené veličiny: síla, prodloužení (čas, příčná kontrakce)

Tahová zkouška

servohydraulic machine



electromechanical machine



Měření síly: dynamometr, velmi přesné

Měření prodloužení: ideálně na vzorku, extensometry: přesnost 10^{-5}

historicky: měření posuvu příčnicku nebo jen $F(t)$

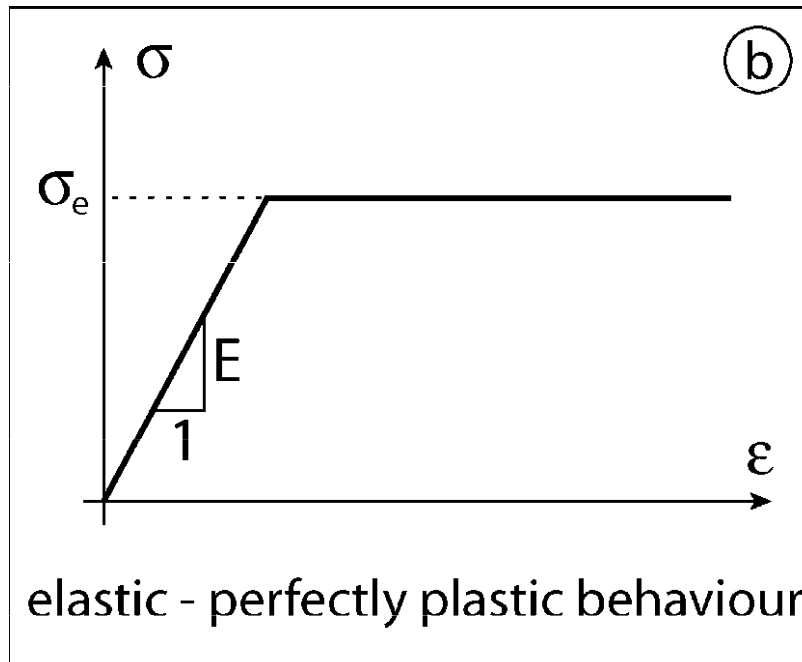
MTS servohydraulický stroj



Tahová zkouška: konstantní rychlost deformace

1. řízení z extensometru: Vyžaduje stroj se zpětnou vazbou, možné problémy

2. konstantní rychlost posunu příčnicku: Zkouška pak není prováděna při konstantní rychlosti deformace vzorku



V elastické oblasti: přesunutí příčnicku způsobuje prodloužení vzorku i stroje

Perfektně plastický materiál:
za konstantního napětí se deformuje pouze vzorek

Kovy nejsou příliš citlivé na změny rychlosti deformace (za nízkých T).

V elastické oblasti lze měřit E a ν :

$$E = \frac{\Delta\sigma_{xx}}{\Delta\epsilon_{yy}}$$

$$\nu = -\frac{\epsilon_{xx}}{\epsilon_{yy}}$$

$$E_{\text{ocel}} = 210 \text{ GPa}, E_{\text{Al}} = 70 \text{ GPa}, E_{\text{polymer}} = 1 \text{ GPa}$$

$$\nu_{\text{ocel}} = 0.3, \nu_{\text{pryž}} = 0.5, \text{ teoreticky } \nu \in \langle -1; 0.5 \rangle$$

Tahová zkouška - vyhodnocení

Smluvní hodnoty:

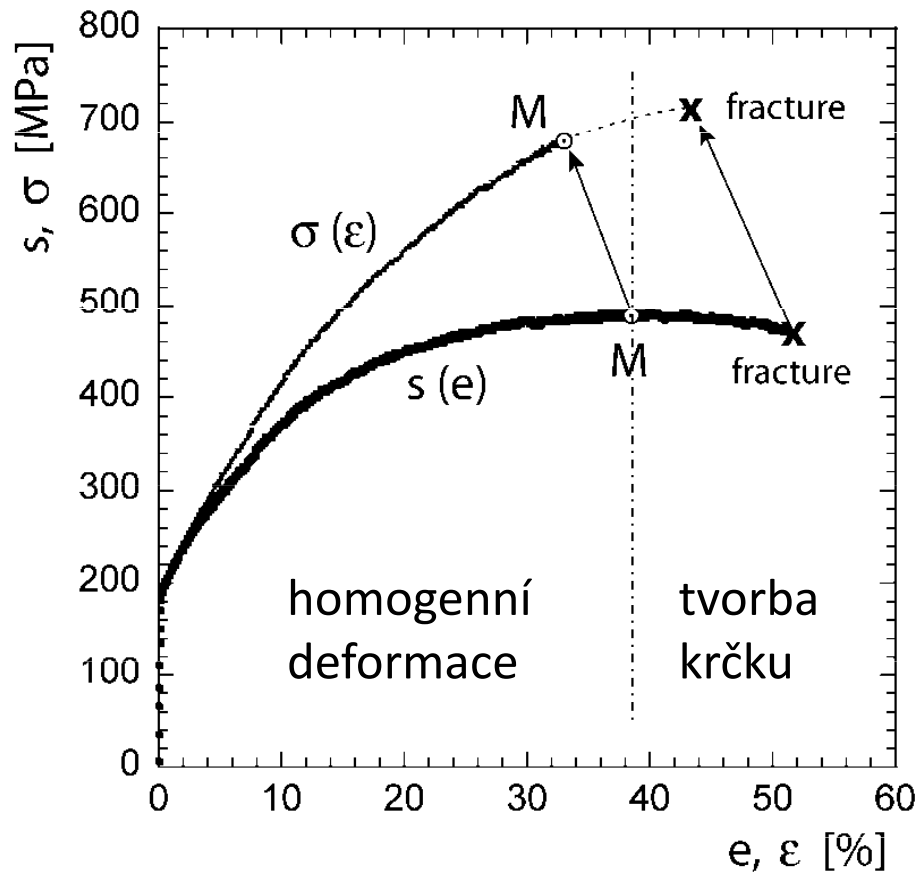
engineering stress (s nebo R), strain (e nebo ε)

$$s = \frac{F}{S_0} \quad e = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Skutečné hodnoty:

true stress (σ), strain (ε nebo $\bar{\varepsilon}$)

$$\varepsilon = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0} = \ln(1 + e)$$



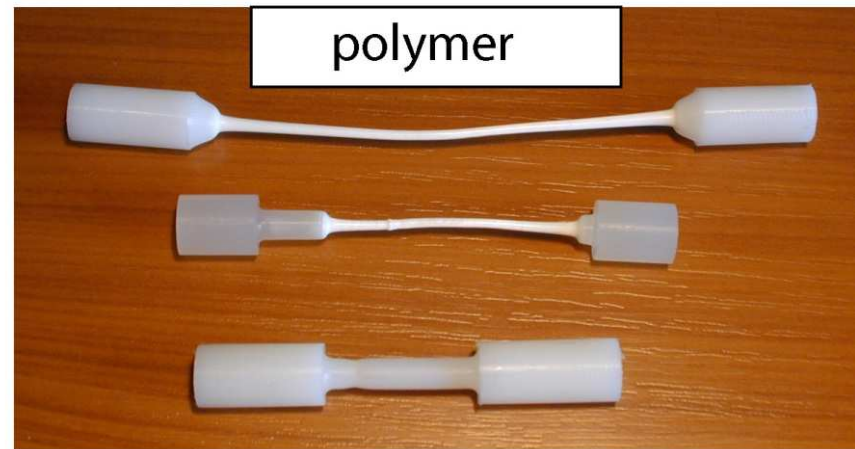
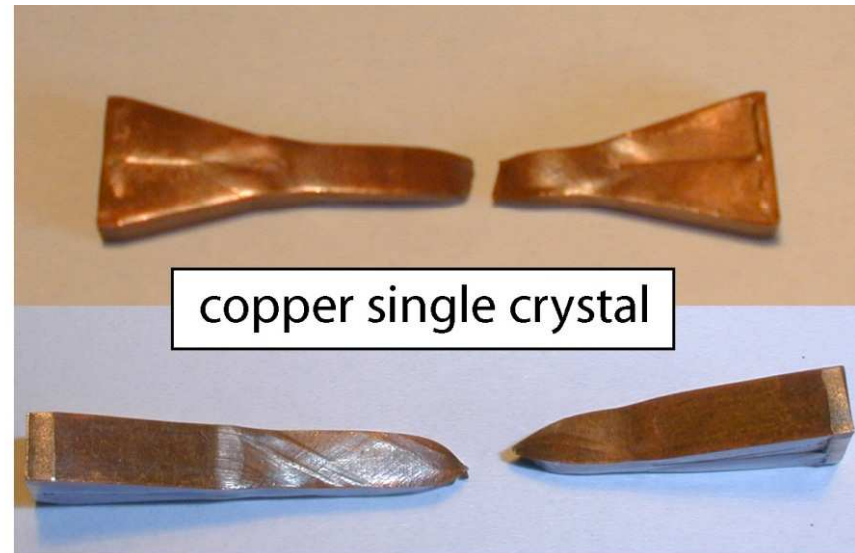
Předpoklad konstantního objemu
a homogenní deformace:

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{F}{S_0} \frac{l}{l_0} = s \frac{l_0 + \Delta l}{l_0} = s(1 + e)$$

$$\underline{\underline{\sigma}} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\underline{\underline{\varepsilon}} = \begin{bmatrix} \sigma/E & 0 & 0 \\ 0 & -\nu \sigma/E & 0 \\ 0 & 0 & -\nu \sigma/E \end{bmatrix}$$

Tahová zkouška – tvorba krčku

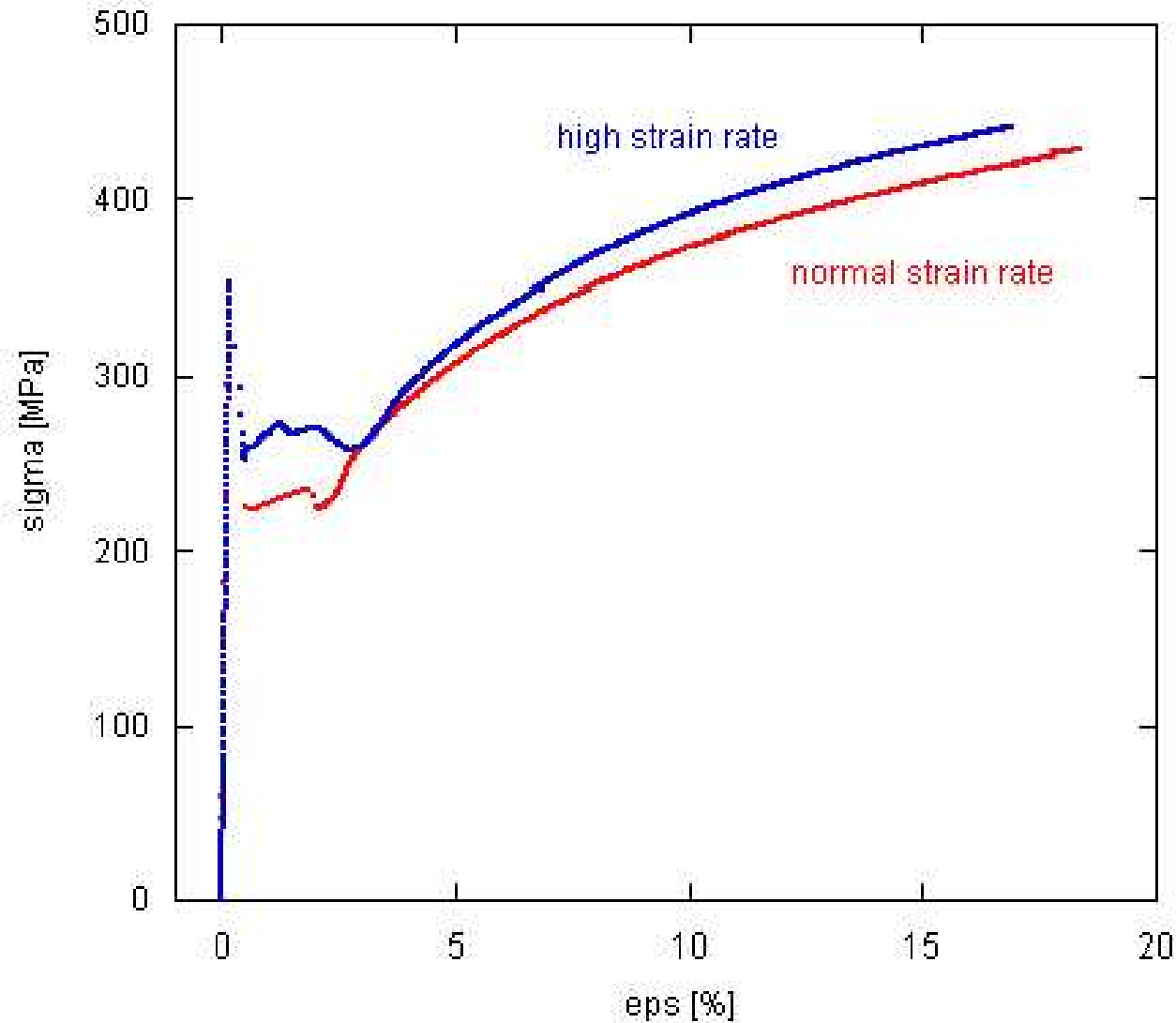


ukázat video

Vliv rychlosti deformace = $\Delta\varepsilon/\Delta t$

U kovů není výrazný

comparison high x normal strain rate

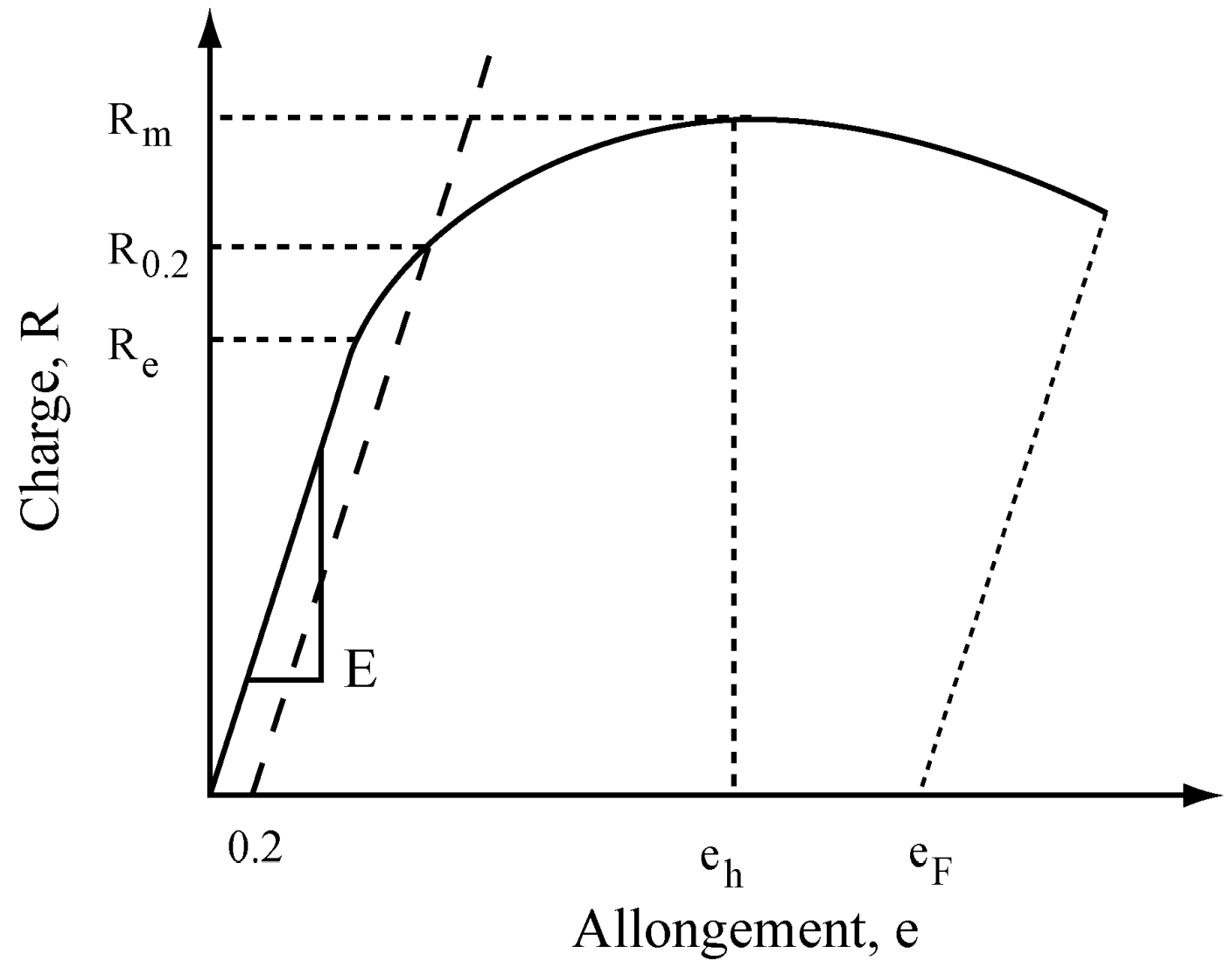


Tensile test at RT at $1 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
and $5 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$.

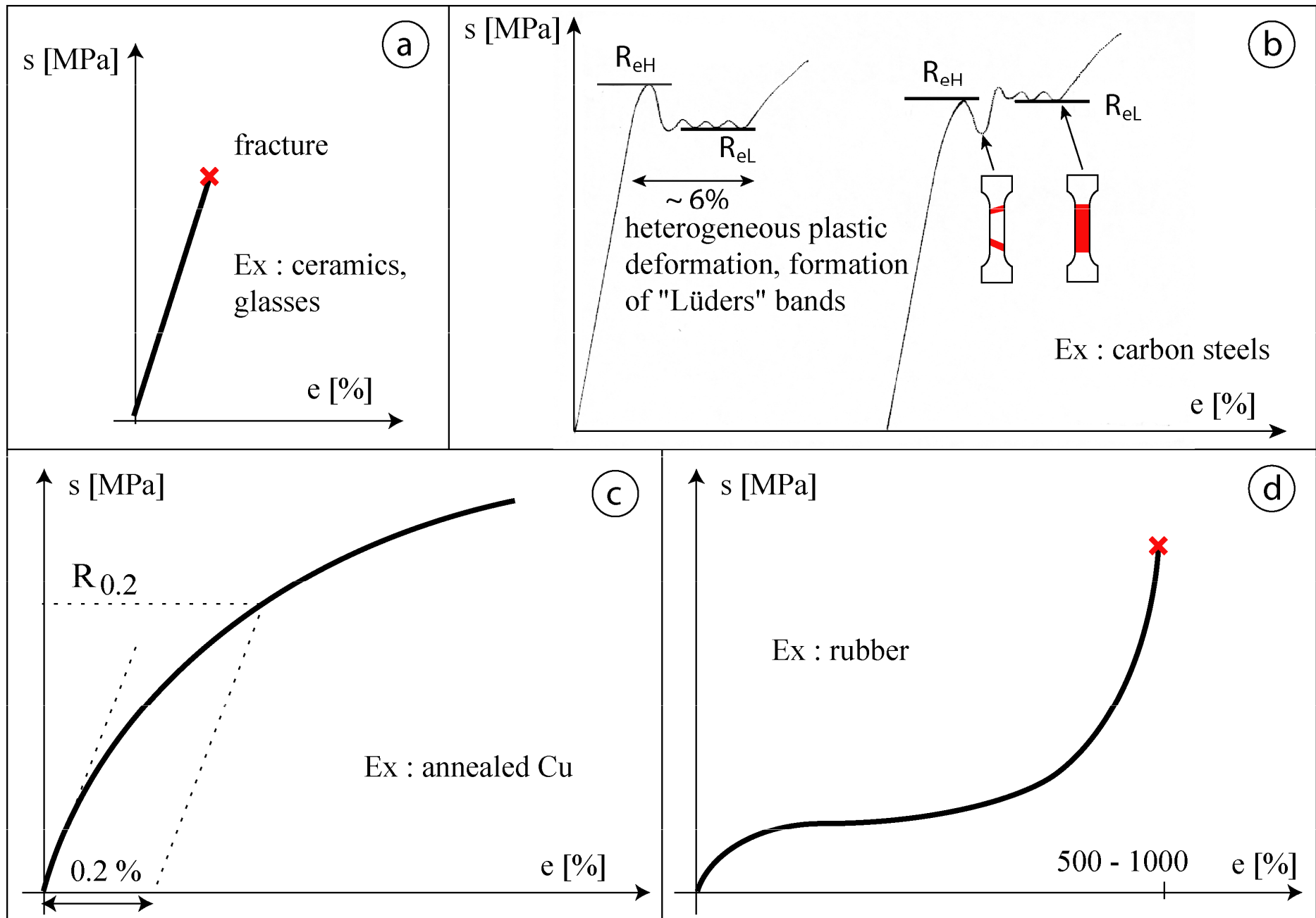
Měřené veličiny

- Youngův modul
- mez kluzu
- mez pevnosti
- tažnost

- Poissonův poměr
- kontrakce

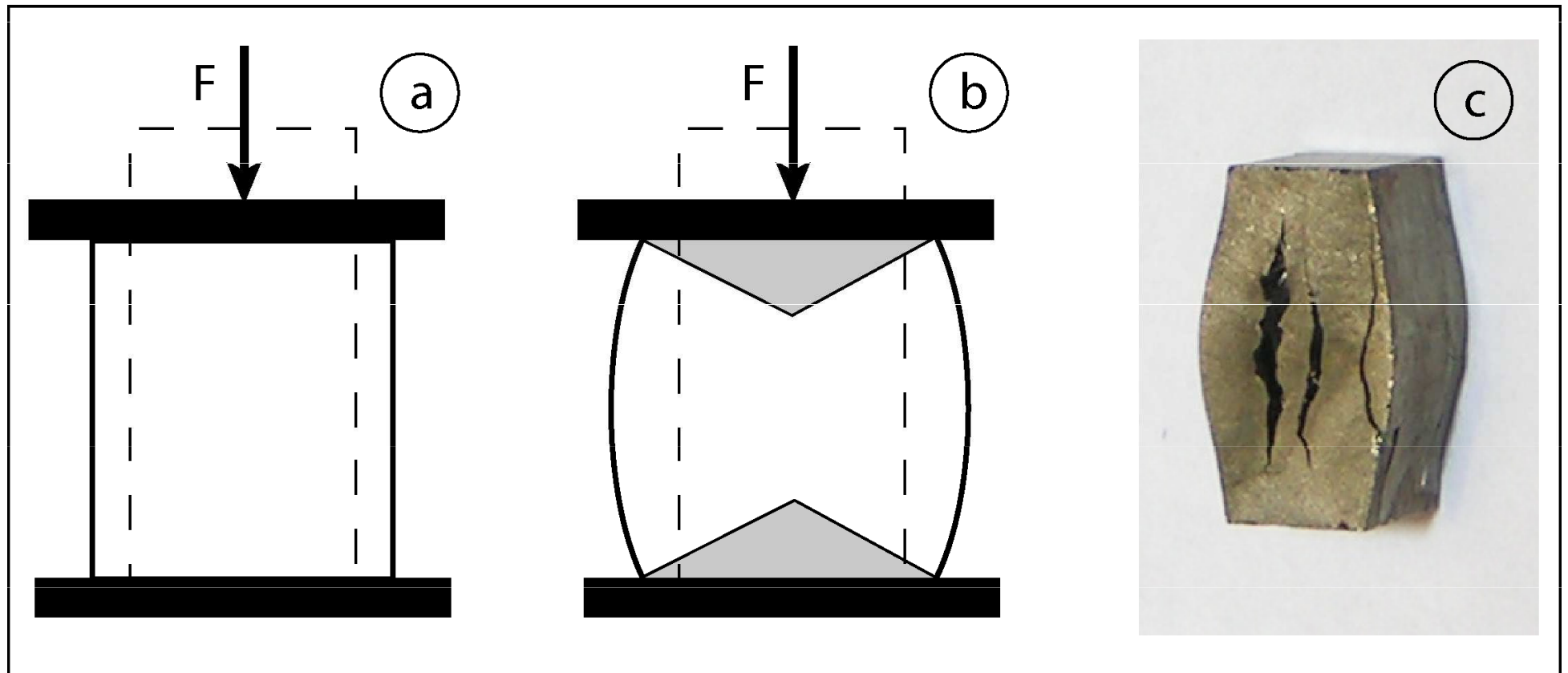


Příklady tahových diagramů



Kompresní zkouška

- Youngův modul – stejný jako při tahové zkoušce
- mez kluzu – většinou stejná
- problém - barreling

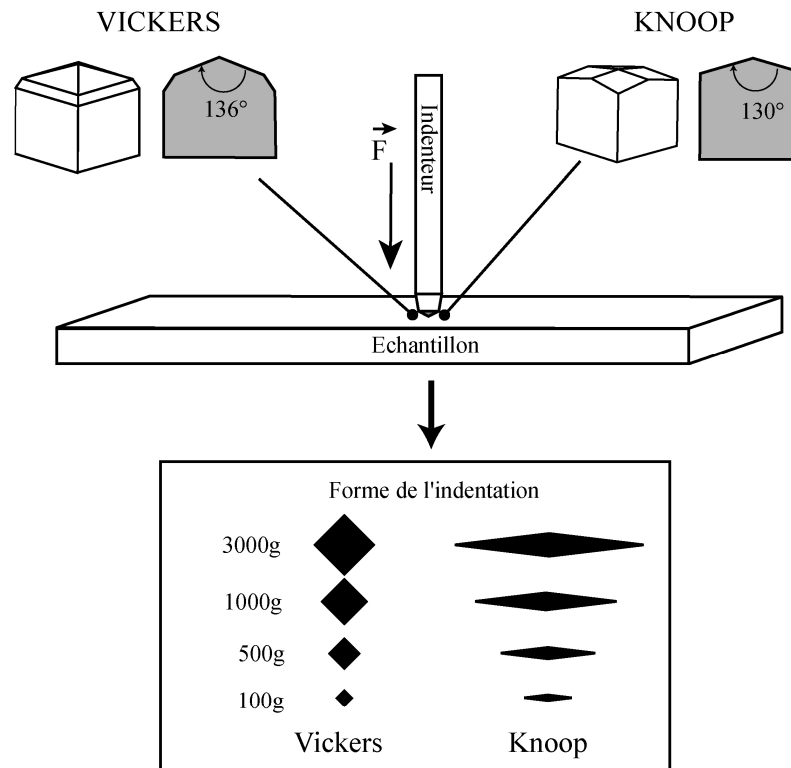


Zkoušky tvrdosti

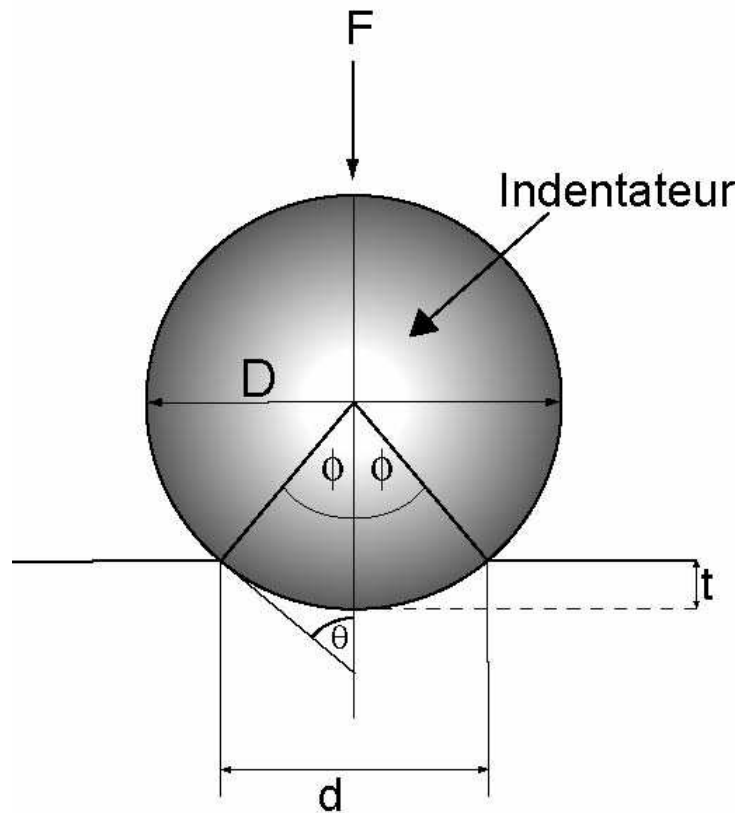
Tvrdość: Odpor materiálu proti vnikání cizího tělesa

Srovnávací veličina, nemá fyzikální jednotku, lze kvantifikovat

Princip: do materiálu je vlačován indentor (diamantový hrot nebo kulička)
měří se hloubka vpichu nebo plocha vpichu při dané síle.



Zkouška tvrdosti podle Brinella



HB (hardness Brinell) =

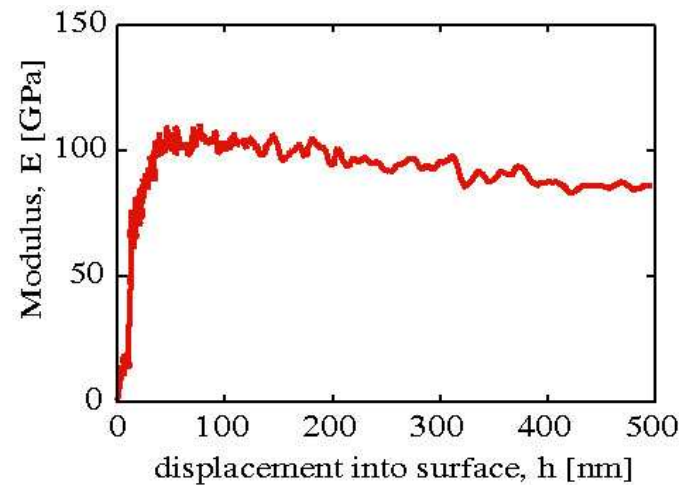
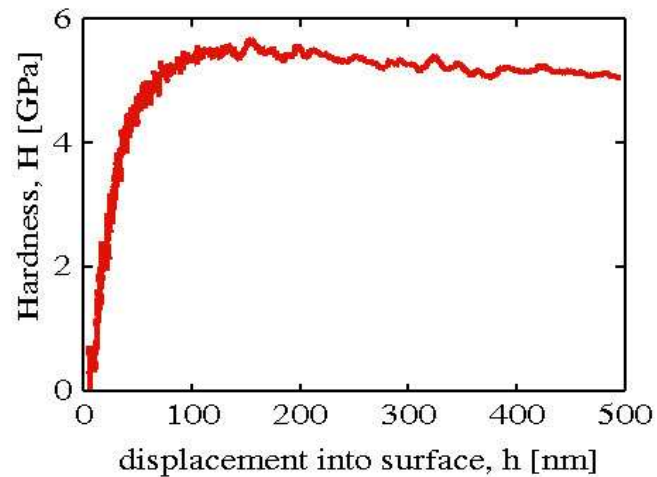
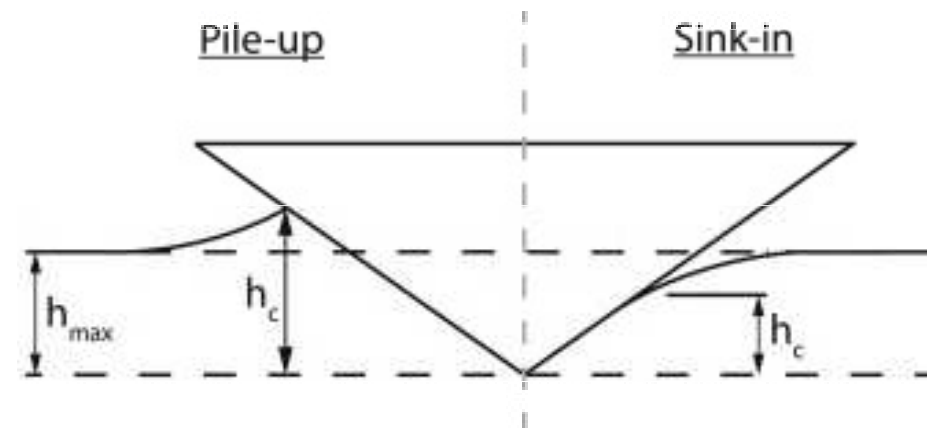
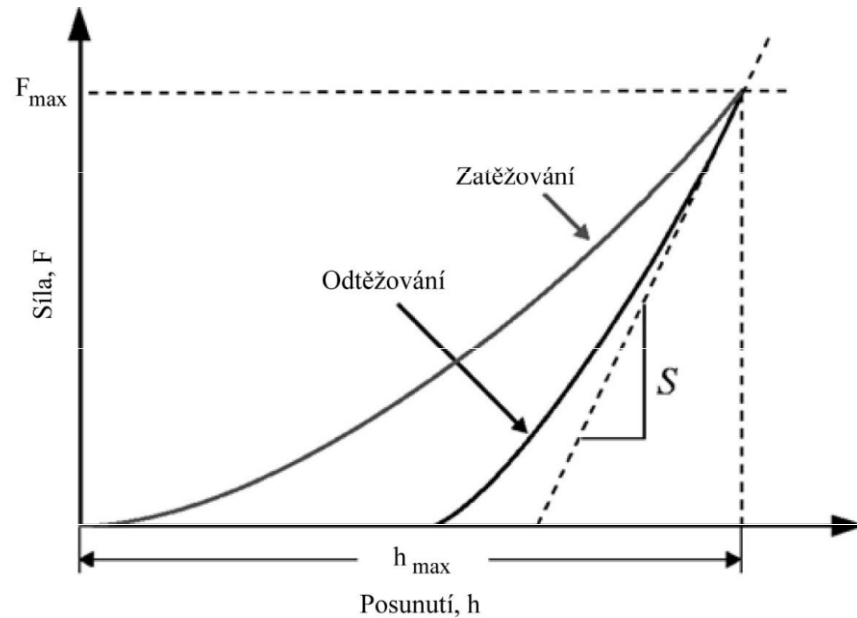
$$\frac{P}{(1/2 \cdot \pi \cdot D) \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot t}$$

Zkoušky tvrdosti: Brinell, Rockwell, Vickers, ...
existují srovnávací tabulky
snaha korelovat tvrdost a mez pevnosti

Nanoindentance

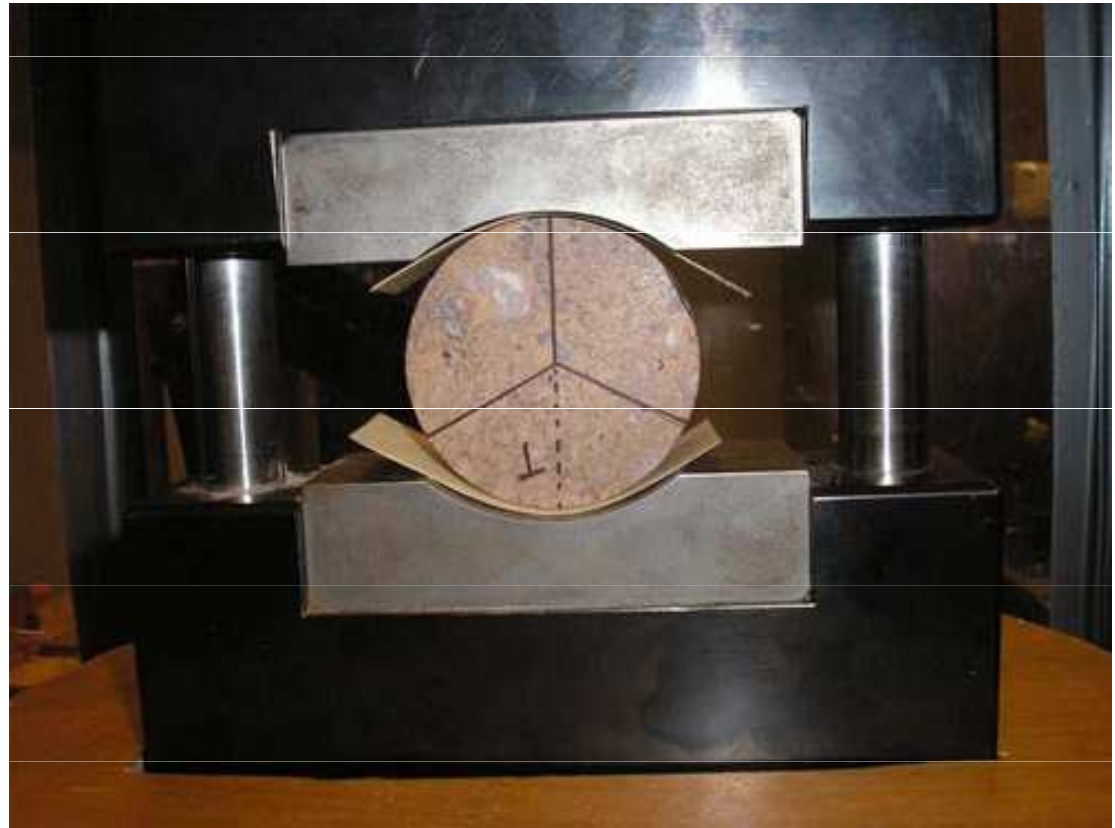
Tenké vrstvy – tloušťka typicky pod 1 mikrometr

Vpich (diamantový hrot Berkovitch) do hloubky méně než 1/10 t



Zkoušky hornin

- kompresní zkouška
- tvrdost
- Brazilský test



$$R_m = 2F/(\pi DL)$$

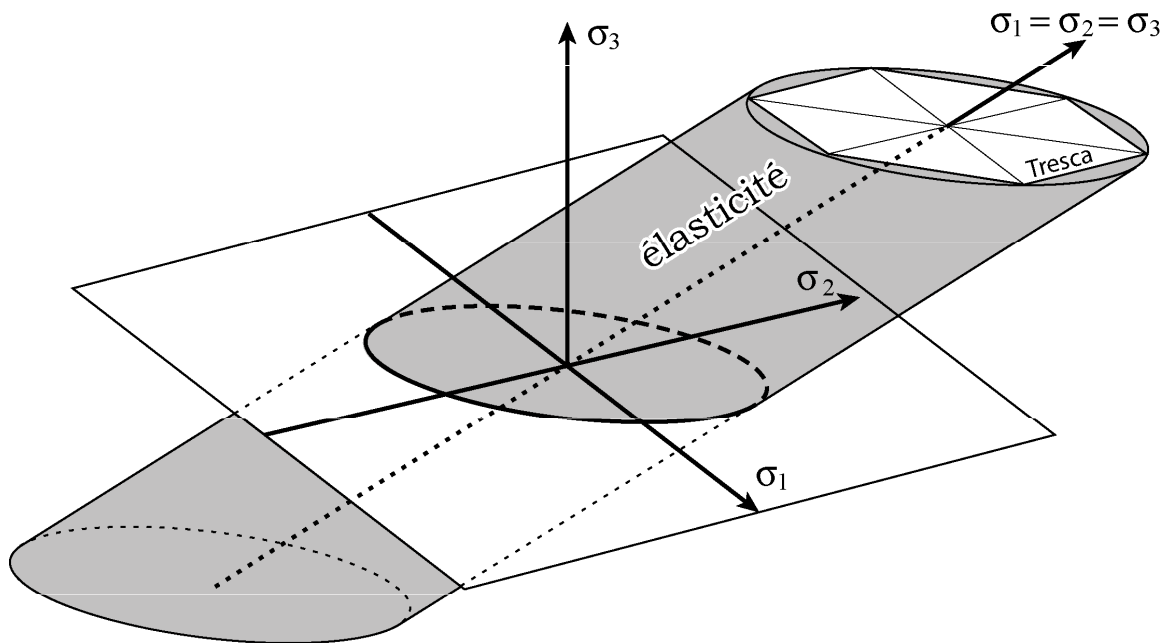
$$K_{Ic} = 104 F_{min}$$

Kritéria plasticity

- Jednoosá napjatost – tahová zkouška – $R_{p0.2}$ nebo σ_0
- Víceosá napjatost - ?? Více kritérií

Tresca : $\sigma_1 - \sigma_3 > \sigma_0$

Von Mises: $(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{13}^2 + \sigma_{23}^2) > 2 \sigma_0^2$



Max. rozdíl 15,7 %