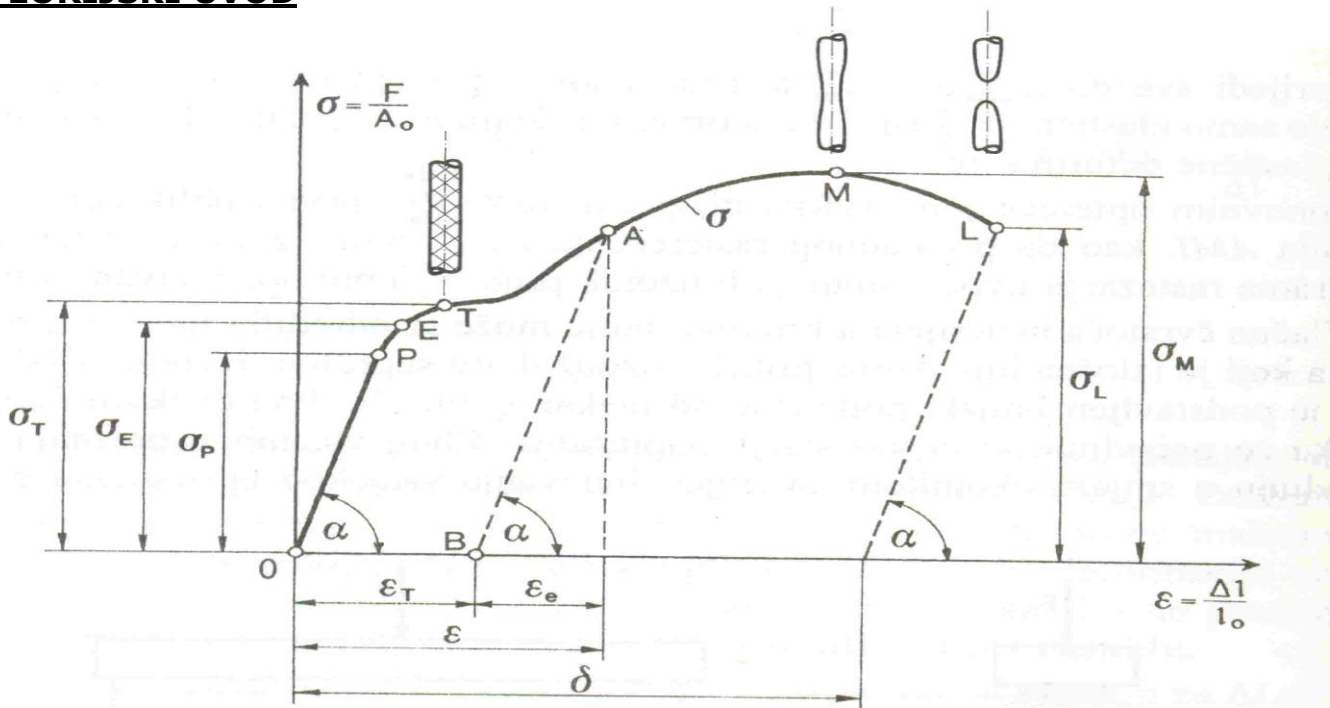


OTPORNOST MATERIJALA 1

1. Laboratorijska vježba

ISPITIVANJE ČELIKA RASTEZANJEM

TEORIJSKI UVOD



Radni dijagram

Karakteristične točke dijagrama rastezanja

GRANICA PROPORCIONALNOSTI - σ_p

- a) fizikalno značenje: Granično naprezanje do kojeg su relativne deformacije linearno ovisne naprezanju.
- b) praktično određivanje: Granično naprezanje kod kojeg se pojavi odstupanje od linearnosti veće od 10%

GRANICA ELASTIČNOSTI - σ_e

- a) fizikalno značenje: Granično naprezanje do kojeg se materijal ponaša još elastično
- b) praktično određivanje: Granično naprezanje kod kojeg su trajne deformacije veće od 0,01 % ili apsolutno za $l_0=200\text{mm}$, $\Delta l=20\mu\text{m}$

GRANICA TEČENJA ili POPUŠTANJA - σ_T

- a) fizikalno značenje: Granično naprezanje kod kojeg počinje popuštanje odnosno tečenje materijala
- b) praktično određivanje: Granično naprezanje kod kojeg su trajne deformacije u intervalu od 0,05 do 0,2% relativne deformacije ili apsolutno za $l_0=200\text{ mm}$, $\Delta l=100\text{ do }400\ \mu\text{m}$.

ČVRSTOĆA - σ_m

- a) fizikalno značenje: Granično maksimalno naprezanje zove se vlačna ili rastezna čvrstoća
- b) praktično određivanje: Granično maksimalno naprezanje, maksimum na radnom dijagramu, izražen kao omjer maksimalne sile i početne površine poprečnog presjeka uzorka



RASKIDNO NAPREZANJE - σ_l

- a) fizikalno značenje: Granično naprežanje u trenutku loma materijala
b) praktično određivanje: Granično naprežanje koje odgovara maksimalnoj relativnoj deformaciji

U radnom dijagramu se naprežanje računa preko površine početnog poprečnog presjeka, jer se za vrijeme istezanja ne mjeri promjena presjeka.

Kod materijala, koji imaju znatnu promjenu površine poprečnog presjeka, treba naprežanje računati preko stvarne površine poprečnog presjeka. Takvo naprežanje naziva se onda, stvarnim naprežanjem.

EKSPERIMENT

OBLIK I DIMENZIJE UZORKA PREMA STAROJ NORMI HRN C. A4.002:

Materijal: **MEKANI ČELIK**

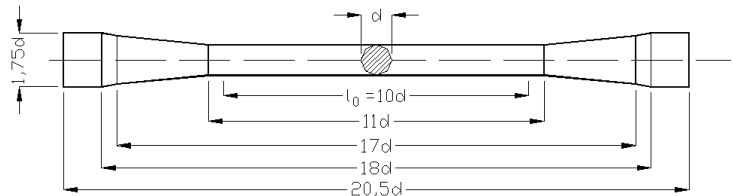
Dimenzije uzorka za ispitivanje - štap kružnog presjeka

(tokarena glatka armaturna šipka)

promjer - $d_0 = 20$ mm

površina presjeka - $A_0 = 314,16$ mm²

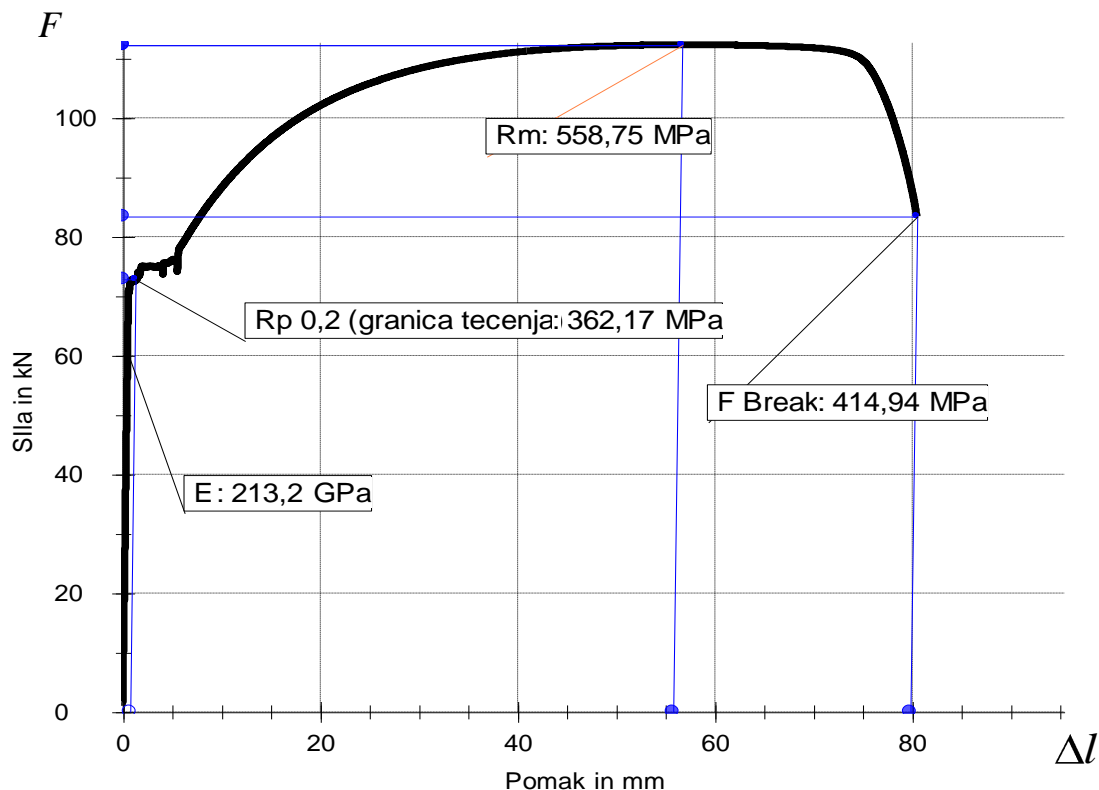
mjerna duljina - $l_0 = 10 d = 200$ mm.



UREĐAJ ZA MJERENJE ISTEZANJA JE UNIVERZALNA TLAČNO-VLAČNA MAŠINA KAPACITETA ± 600 kN, UPRAVLJANA ELEKTRONIČKIM RAČUNALOM

Rezultati ispitivanja (primjer)

Dijagram sila-pomak na kidalici



**Dimenzije uzorka nakon loma:**

$d_{lom} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$

$A_{lom} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}^2$

$\Delta l_{lom} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$

Iz dijagrama ($F - \Delta l$) se čita:

$\Delta l_{F \max} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$

Granica proporcionalnosti: $F_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN}$

$\sigma_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MPa}$

Granica elastičnosti: $F_e = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN}$

$\sigma_e = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MPa}$

Granica popuštanja: $F_T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN}$

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

$\sigma_T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MPa}$

Čvrstoća (statička): $F_m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN}$

$\sigma_m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MPa}$

Raskidno naprezanje $F_{lom} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN}$

$\sigma_{lom} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MPa}$

Modul elastičnosti E: Hooke-ov zakon: $\sigma = E \cdot \varepsilon_x$, za $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ i $\sigma = \frac{F}{A_0} \rightarrow E = \frac{\Delta F \cdot l_0}{A_0 \cdot \Delta l}$.

Modul elastičnosti računa se iz početnog linearnog dijela dijagrama, odabere se $F_1 < F_p$ i $F_2 < F_p$

$\Delta F = F_2 - F_1 = \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} \text{ kN}$

$\Delta l = \Delta l_2 - \Delta l_1 = \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} \text{ mm},$

$E_{rač.} = \frac{\Delta F \cdot l_0}{A_0 \cdot \Delta l} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MPa}$

$E_{skidalice} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ GPa}$

Deformacija kod loma (maksimalno relativno produljenje, δ , izražava se u %):

$$\delta = \frac{l_{lom} - l_0}{l_0} \cdot 100 = \frac{\Delta l_{lom}}{l_0} \cdot 100 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot 100 = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

Kontrakcija poprečnog presjeka u %:

$$\Psi = \frac{A_0 - A_{lom}}{A_0} \cdot 100 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot 100 = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

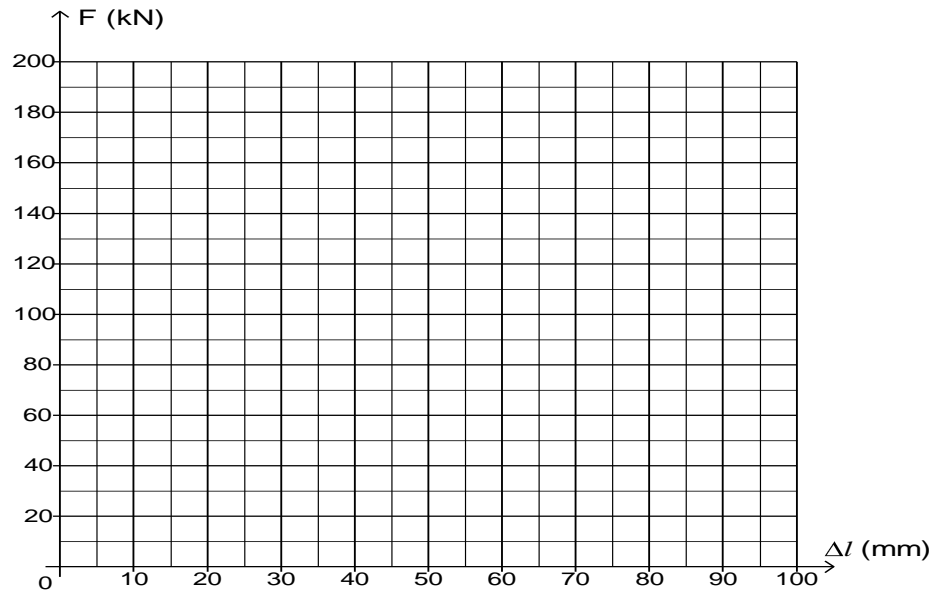
Stvarno naprezanje u trenutku loma:

$$\sigma^*_{lom} = \frac{F_{lom}}{A_{lom}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

Ukupna radnja do prekida očitana s kidalice: $W = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Nm}$



Radni dijagram $F - \Delta l$



Iz radnog dijagrama:

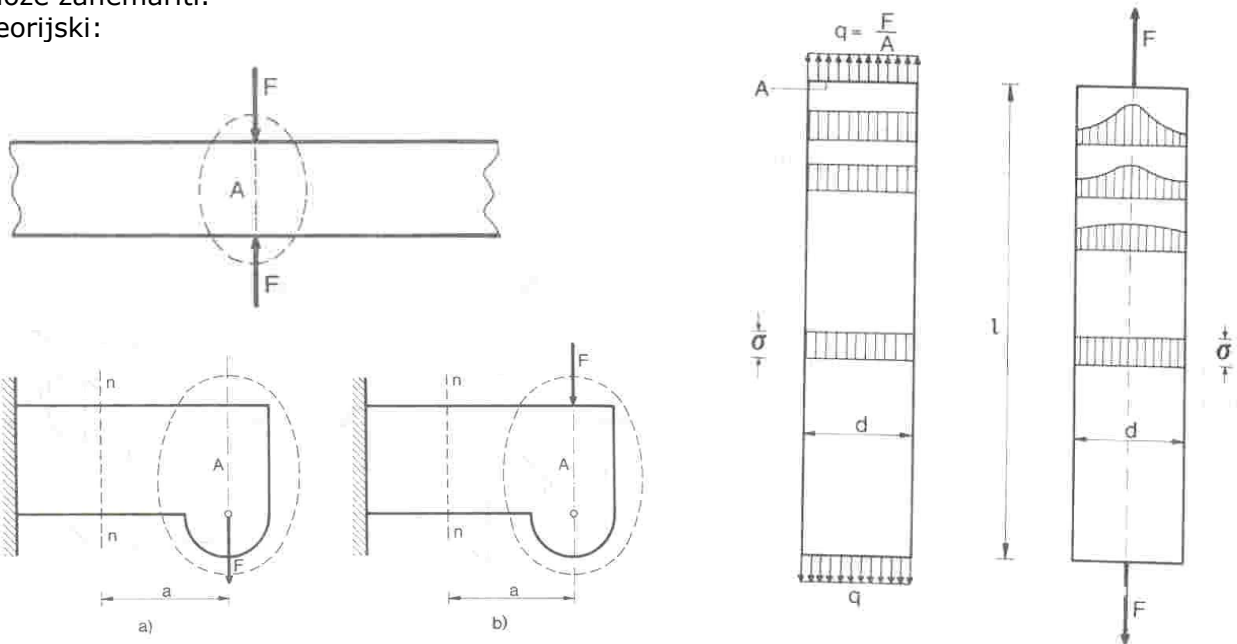
Ukupna radnja do prekida: $W = F_T \cdot \Delta l_{lom} + (F_m - F_T) \cdot \frac{2}{3} \Delta l_{lom} = \text{_____} \text{ Nmm}$

Specifična radnja do prekida: $w = \frac{W}{V_0} = \frac{W}{A_0 \cdot l_0} = \frac{\text{_____}}{314,16 \cdot 200} = \text{_____} \text{ Nmm} / \text{mm}^3$

SAINT VENANTOV PRINCIP

Raspodjela naprezanja i deformacija, u elastičnom tijelu, različita je u blizini mjesta djelovanja statički ekvivalentnih sila, ali na mjestima koja su dovoljno udaljena ta je razlika mala pa se može zanemariti.

Teorijski:



Eksperimentalno, Saint Venantov princip pokazuje se na optičkom uređaju, koji služi za promatranje fotoelastičnosti.