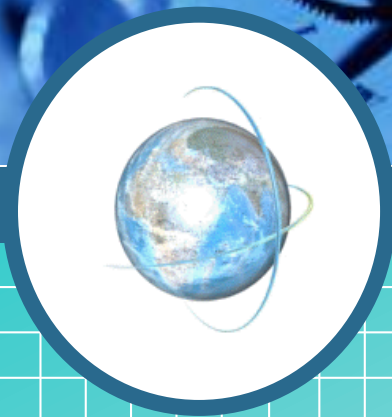


LOGO



ISPITIVANJE MATERIJALA ZATEZANJEM

Vrste opterećenja

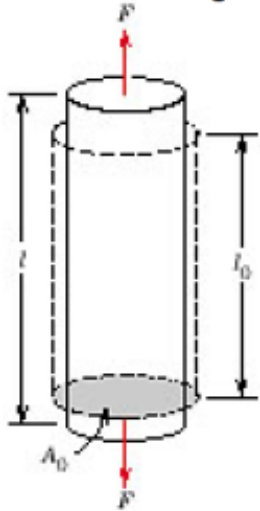


Vrste opterećenja

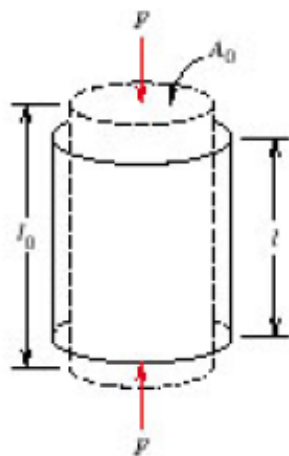
Mašinski delovi mogu da budu
Opterećeni nekim od sledećih
Opterećenja ili njihovom kombinacijom.



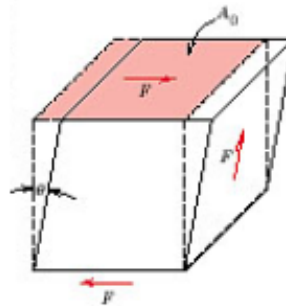
Zatezanje



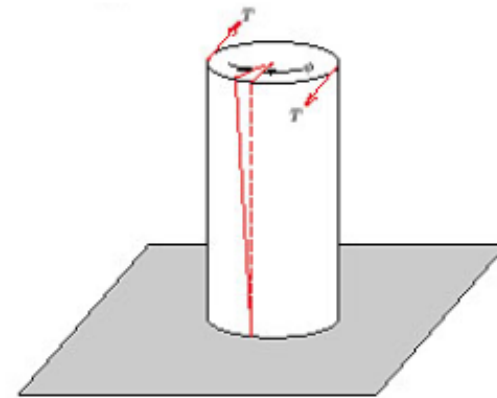
Pritiskivanje

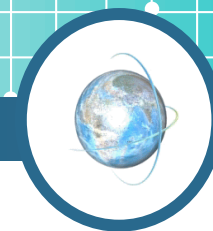


Smicanje



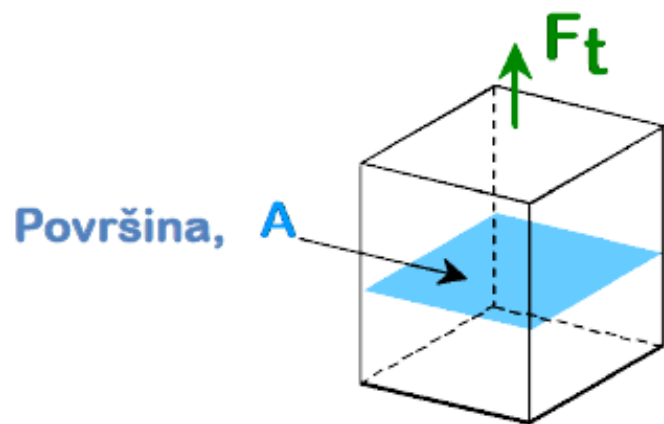
Uvijanje





Inženjerski napon

- **Zatežujući napon, R:**

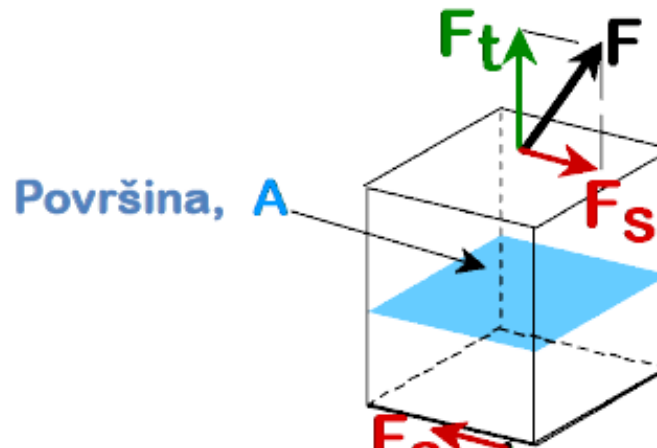


$$\sigma = \frac{F_t}{A_0}$$

Površina, A

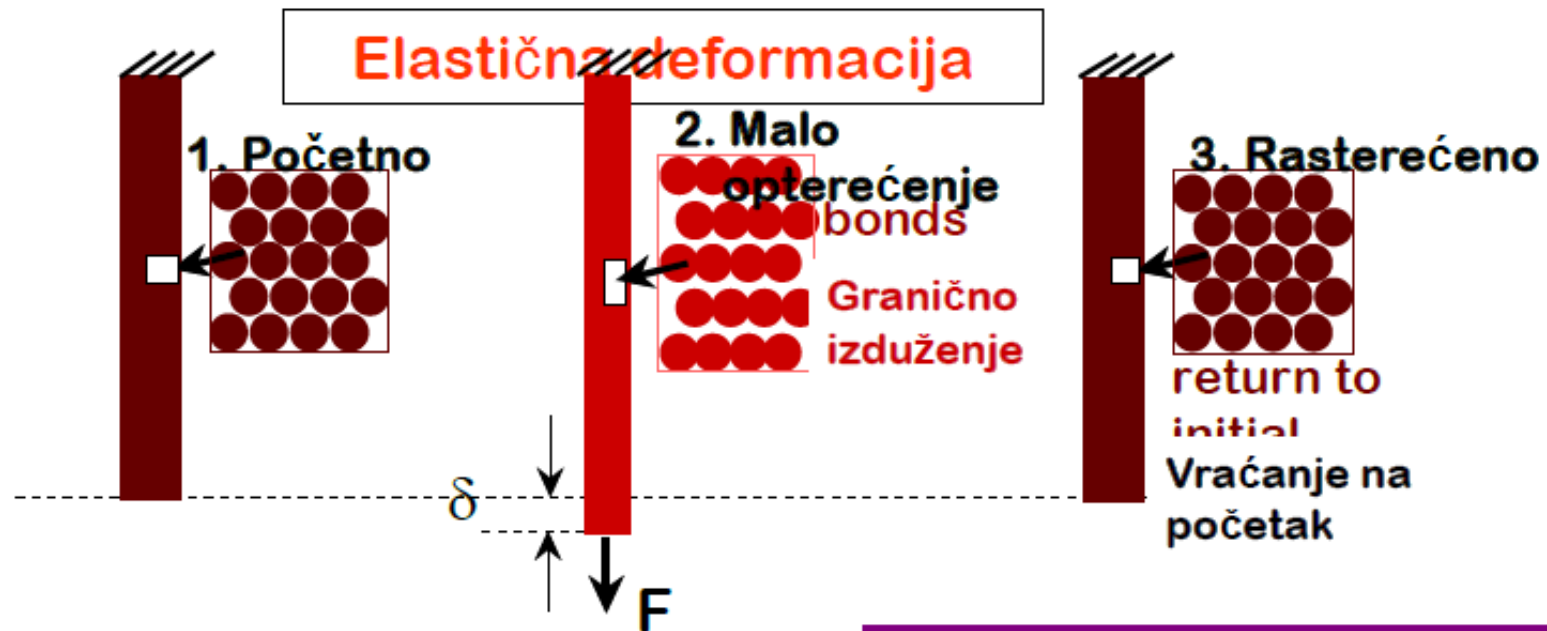
Početna površina pre opterećenja

- **Smičući napon, τ :**



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

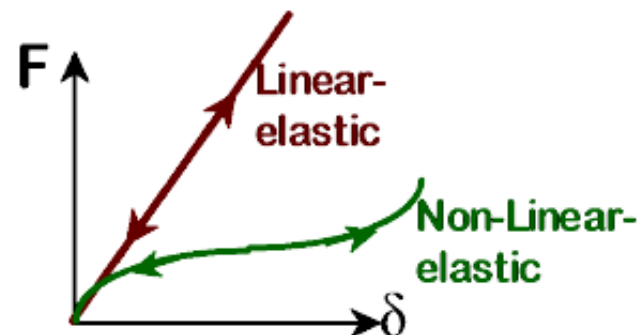
Jedinica za napon:
N/m² (ili MPa)



Pri niskim vrednostima spoljnih sila (i niskim naponima) deformacija je samo *elastična* (opružna); po rasterećenju ta deformacija nestaje, a telo poprima prvobitni oblik.

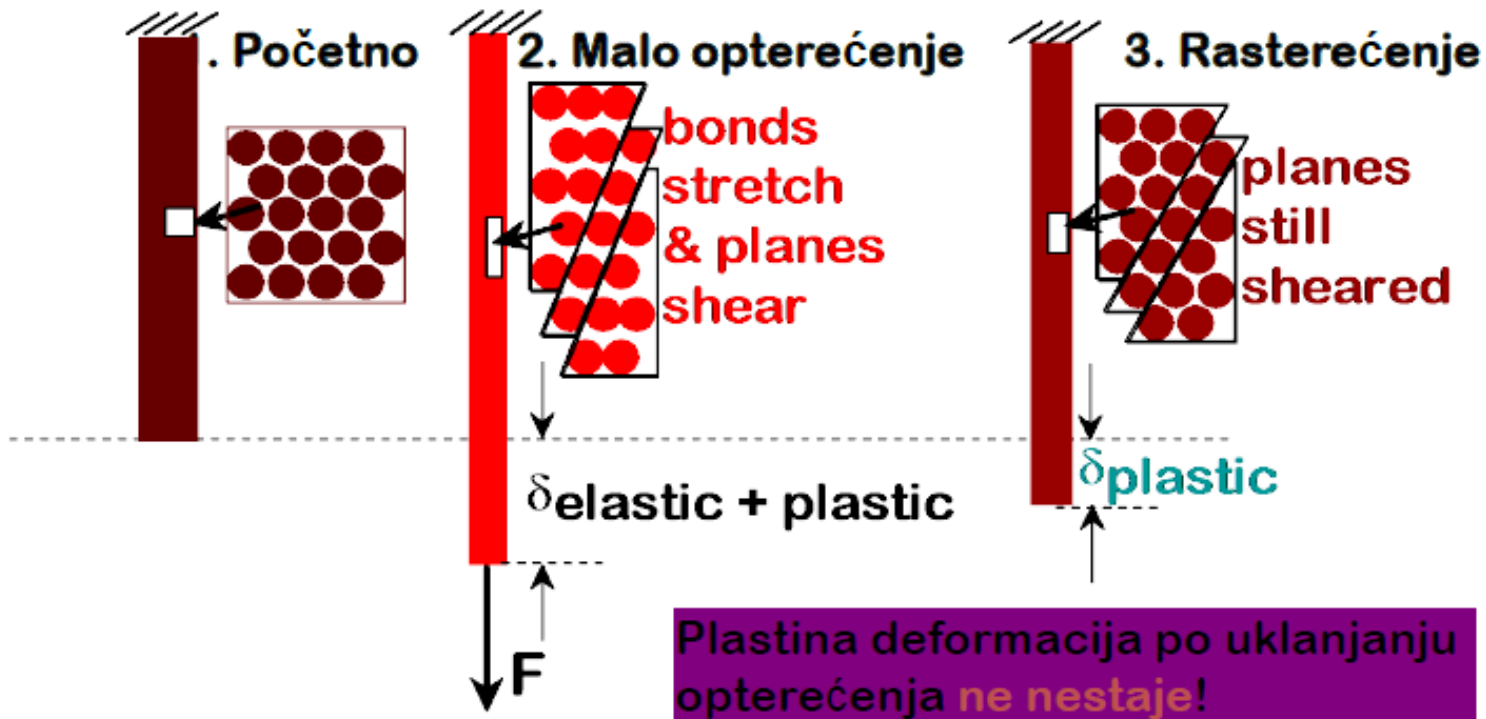
U kristalnoj rešetki se elastična deformacija ispoljava samo malim otklanjanjem atoma iz njihovog ravnotežnog položaja; otklon ne prelazi polovinu parametra rešetke.

Po uklanjanju opterećenja
Elastična deformacija nestaje



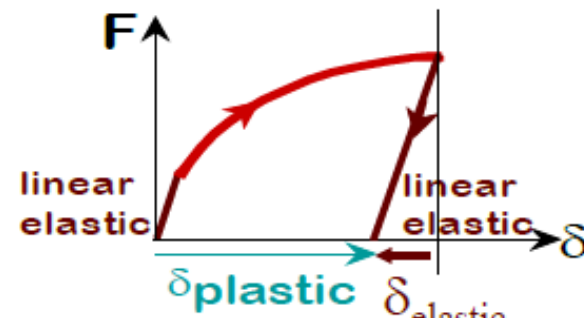


Plastična deformacija metala



Prekorači li veličina spoljašnje sile određenu granicu dolazi do **plastične** (trajne) deformacije, a po rasterećenju telo ostaje deformisano.

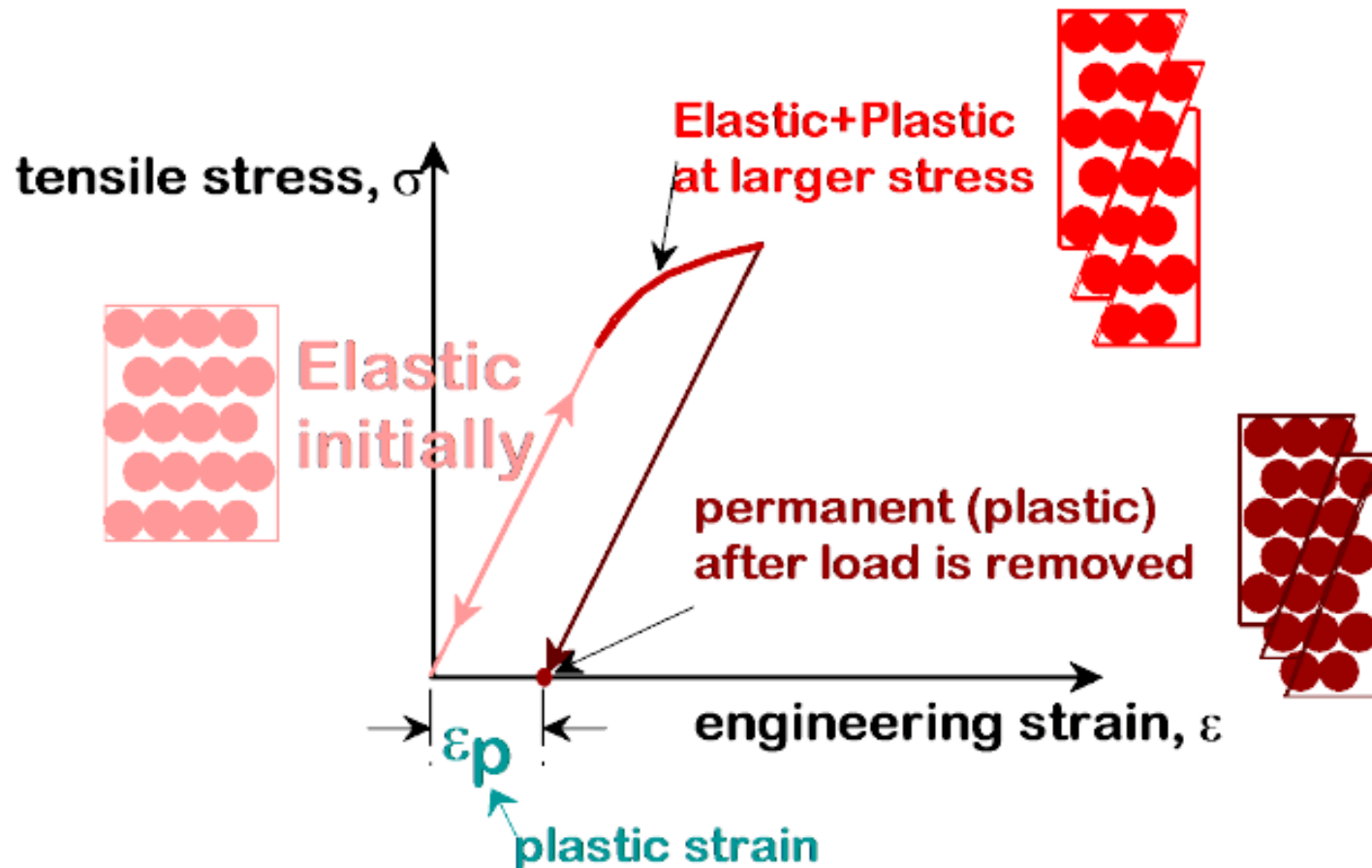
Pri trajnoj deformaciji menjaju atomi svoj položaj za udaljenost najmanje jednaku parametru rešetke.





Elastična i plastična deformacija

- Zatezni test:





Svojstva otpornosti materijala

- Zatezna čvrstoća
- Granica tečenja
- Granica proporcionalnosti
- Granica elastičnosti
- Modul elastičnosti

Sposobnost deformacije materijala

- Izduženje
- Kontrakcija
- Ravnomerna deformacija



Za ispitivanje zatezanjem potreban je:

- ✓ Uzorak – epruveta za ispitivanje,
- ✓ Mašina za ispitivanje – kidalica,
- ✓ Pribor za merenje – pomično merilo, mikrometar,
- ✓ Poznavanje tehnike ispitivanja.

Epruvete za ispitivanje



Pod **epruvetom** se podrazumeva odabrani primerak - uzorak materijala obradjen na odredjenu meru i oblik prema standardu.

Epruvete za ispitivanje zatezanjem mogu biti:

- ***Neproporcionalne*** – u stanju primene (lanci, čelična užad, cevi profili, gotovi mašinski delovi itd.)
- ***Proporcionalne (standardne)*** – odredjenog oblika, poprečnog preseka (okrugle, kvadratne i pravougaone) i dimenzija. Mogu biti: - kratke,
- duge.

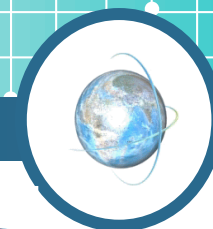


Okrugle epruvete

d_0 - PREČNIK MERNOG DELA
 l_0 - MERA DUŽINA
 $d_k = 1,2 d_0$ PREČNIK KRAJEVA

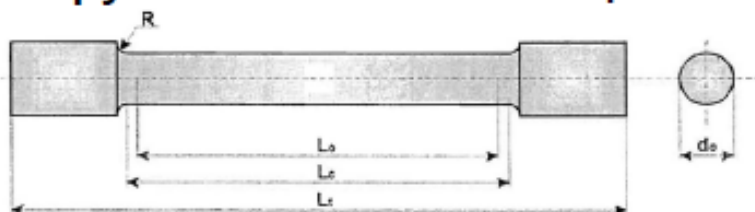
$l_p = l_0 + d_0$ - DUŽINA SREDNJEG
CILINDRIČNOG DELA
 h - DUŽINA KRAJEVA EPRUVETE





Испитивање механичких особина

Епрувете за шипке и жице $>4\text{mm}$



L_0 - почетна мерна дужина

L_c - Паралелна дужина епрувете

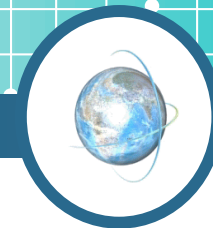
L_t - Укупна дужина епрувете

Скица узорка кружног пресека

Табела 1 Пречник и почетна мерна дужина епрувете

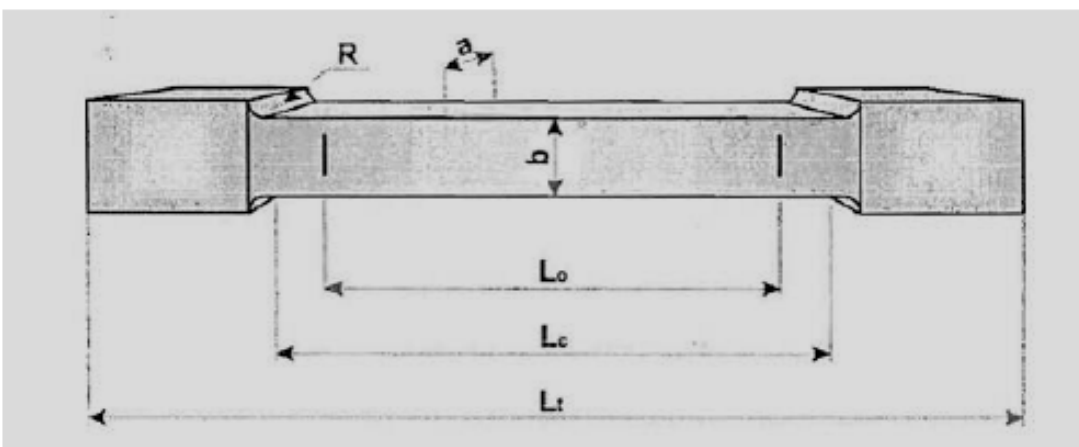
d_0 (mm)	L_0 (mm)
20	100
10	50
5	25

Да резултат не буде зависан од епрувете, користе се тзв. пропорционалне епрувете: $L_0 = 5d_0$



Испитивање механичких особина

Епрувете за шипке и жице мање од 4mm



Узорци са проширеним крајевима
Епрувете за лимове и траке веће од 3mm

Узорак је пропорционалан ако важи однос:

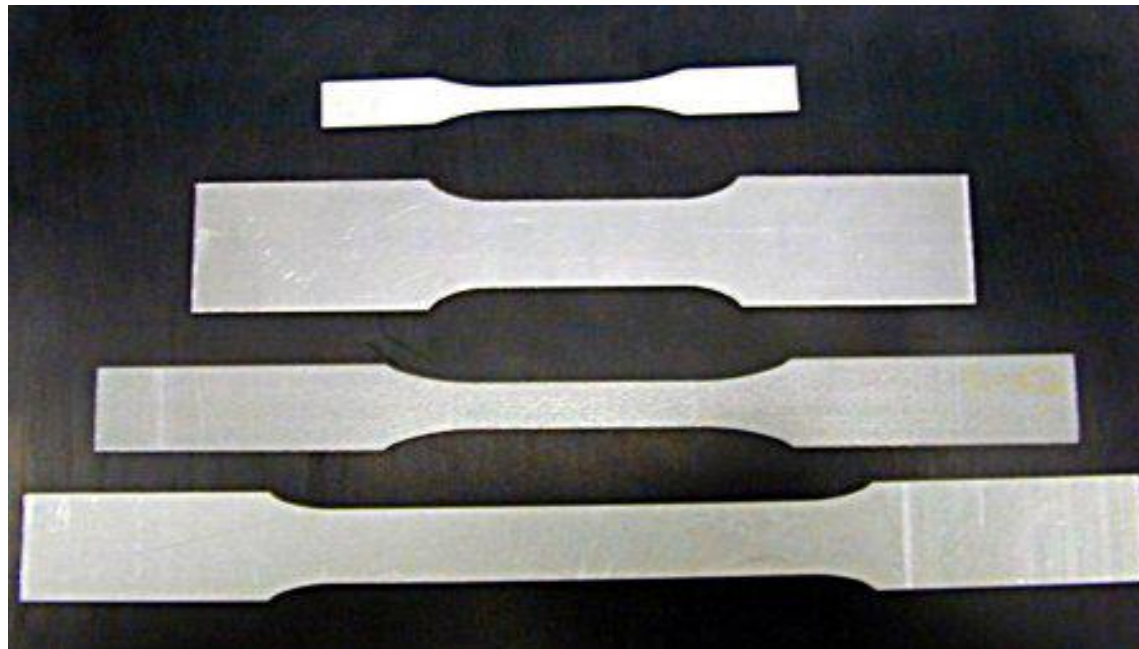
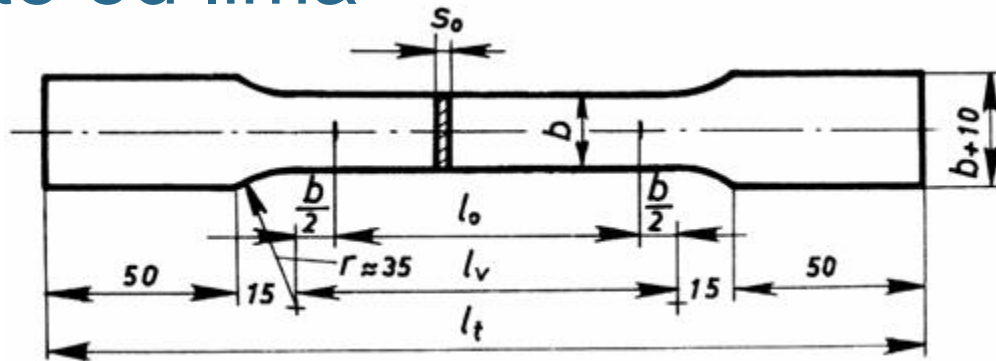
$$L_0 = 5,65(d_0)^{1/2}$$

d_0 - пречник епрувете

S_0 - површина попречног пресека



Epruvete od lima



Epruvete za ispitivanje

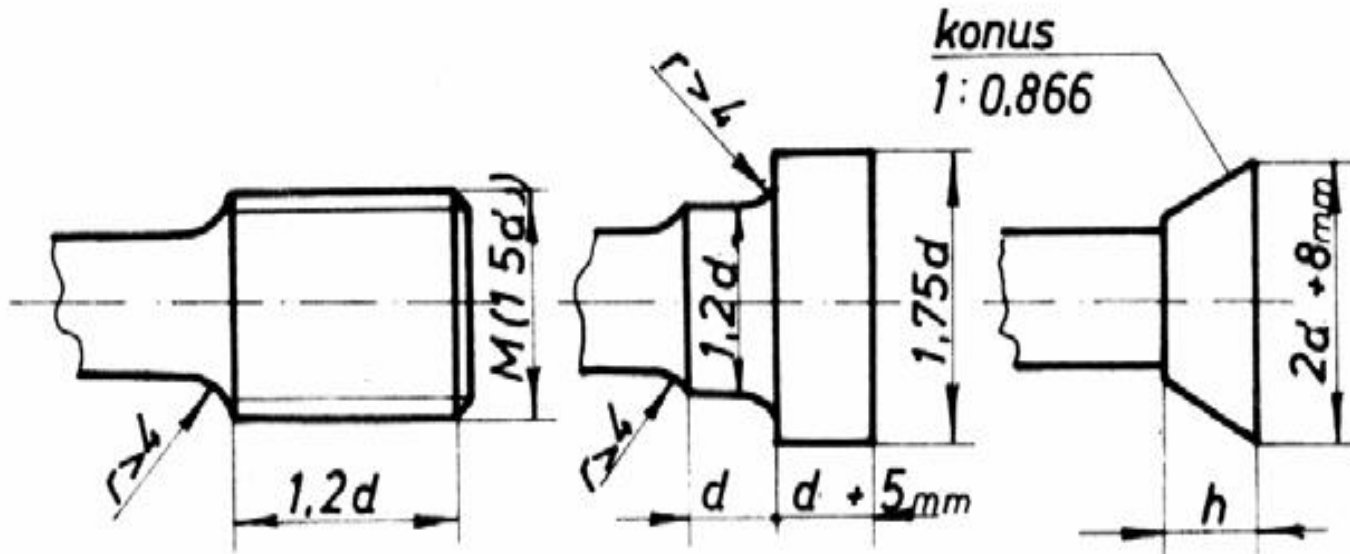


Dimenzije proporcionalnih epruveta kružnog poprečnog preseka

PREČNIK d - mm	POVRŠINA POPREČNOG PRESEKA S_0 - mm ²	DUŽINA EPRUVETE ZA $K=5,65$ u mm.			DUŽINA EPRUVETE $K=11,3$ u mm.		
		L_0	L_c	L_T	L_0	L_c	L_T
$20^{±0,150}$	314	$100^{±1}$	110	ZAVISI OD ČELJUSTI MAŠINE	$200^{±2}$	220	ZAVISI OD ČELJUSTI MAŠINE
$10^{±0,075}$	78,5	$50^{±0,5}$	55		$100^{±1}$	110	
$5^{±0,040}$	19,6	$25^{±0,25}$	28		$50^{±0,5}$	55	



Različiti oblici završetaka epruveta



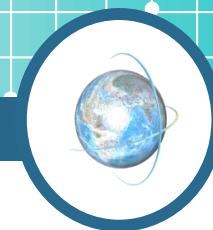


Epruvete od različitih materijala

Epruvete od metala i drveta



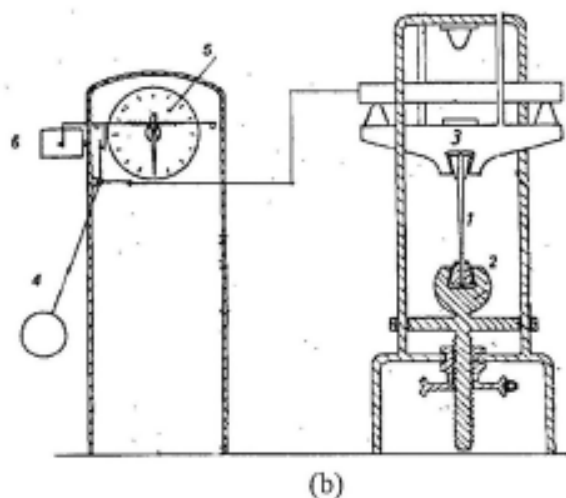
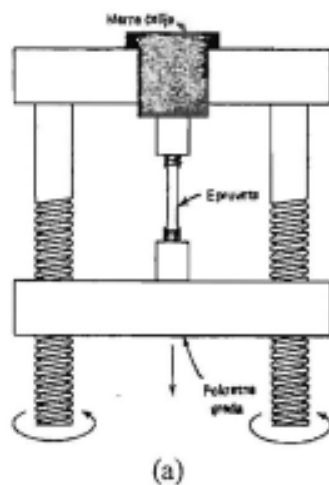
Epruvete od plastike

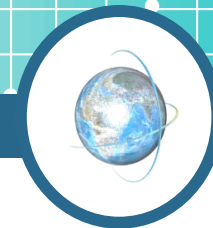


Испитивање механичких особина

Машине за испитивање

- Основни делови машине за испитивање или кидалице су
- уређај који производи силу (механички или хидраулички погон)
 - уређај за преношење силе,
 - уређај за регистровање силе -писач
 - уређај за мерење деформације





Hidraulična kidalica





Mehanička univerzalna kidalica





Savremena kidalica





Pomično merilo, mikrometar





Postupak pre ispitivanja

□ *Priprema za ispitivanje*

- Prijem zadatka
- Izbor dimenzije epruvete
- Izrada epruvete

□ *Izbor uslova ispitivanja*

- Izbor mašine i max opterećenja
- Izbor brzine kretanja čeljusti
- Izbor brzine kretanja papira

□ *Merenje pre ispitivanja*

- Merenje radne temperature
- Podela merne dužine epruvete
- Merenje epruvete



Postupak u toku ispitivanja

□ *Pre puštanja mašine u rad*

- Provera nultog položaja kazaljke
- Provera pisača
- Provera ručice za radni sto

□ *U toku rada*

- Crtanje dijagrama $F-\Delta l$
- Očitavanje sile tečenja
- Očitavanje max sile



Postupak posle ispitivanja

- Merenje prečnika pri prekidu*
- Merenje prekidne dužine*
- (Korekcija prekidne dužine)*



Obrada rezultata

□ *Obrada dijagrama*

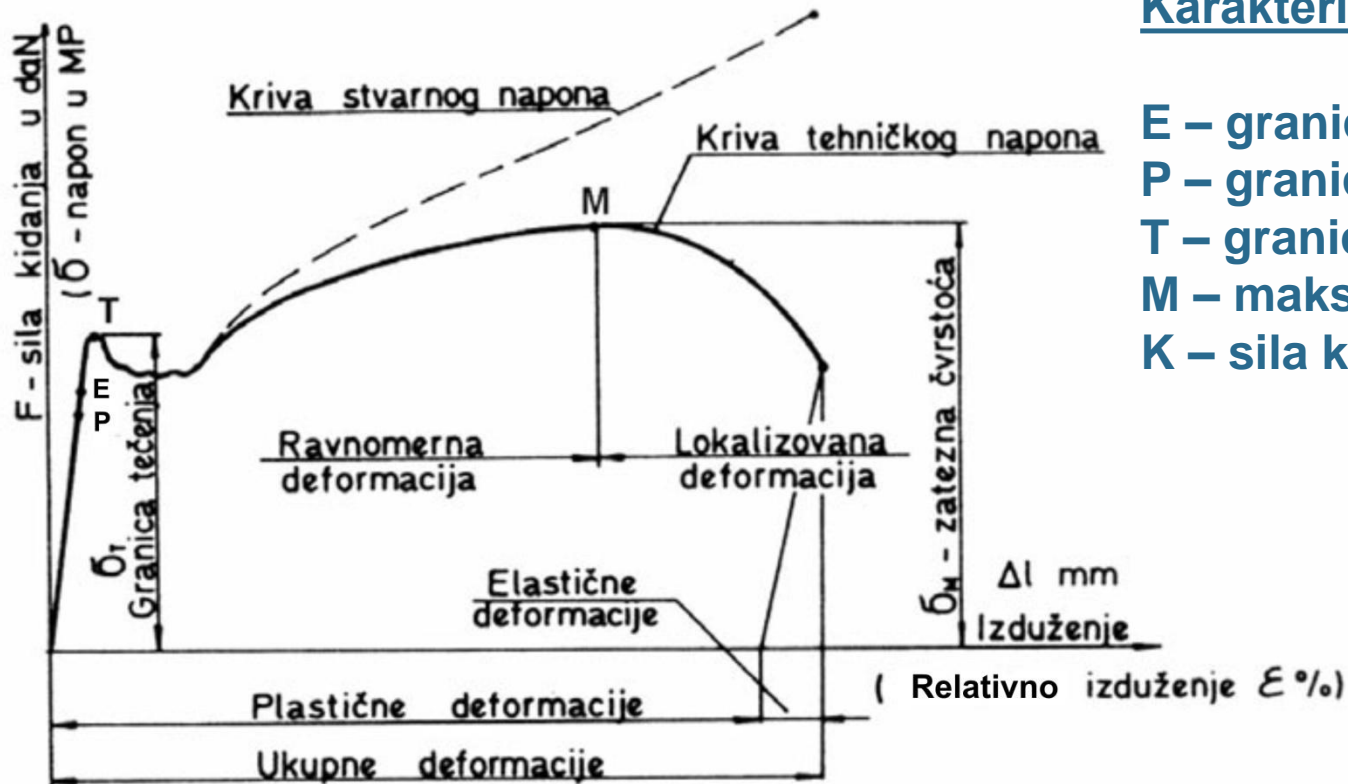
- Određivanje razmera U_F i $U_{\Delta I}$
- Određivanje sile F_p
- Određivanje razmera U_R i U_A

□ *Proračun svojstava*

- Zatezne čvrstoće R_m
- Granice tečenja R_{eH}
- Izduženja $A_{5,65}$ i $A_{11,3}$
- Suženja Z
- Zaokruživanje vrednosti

Zaključak

Dijagram zatezanja



Karakteristične tačke:

E – granica elastičnosti,
P – granica proporcionalnosti,
T – granica tečenja,
M – maksimalna sila,
K – sila kidanja.

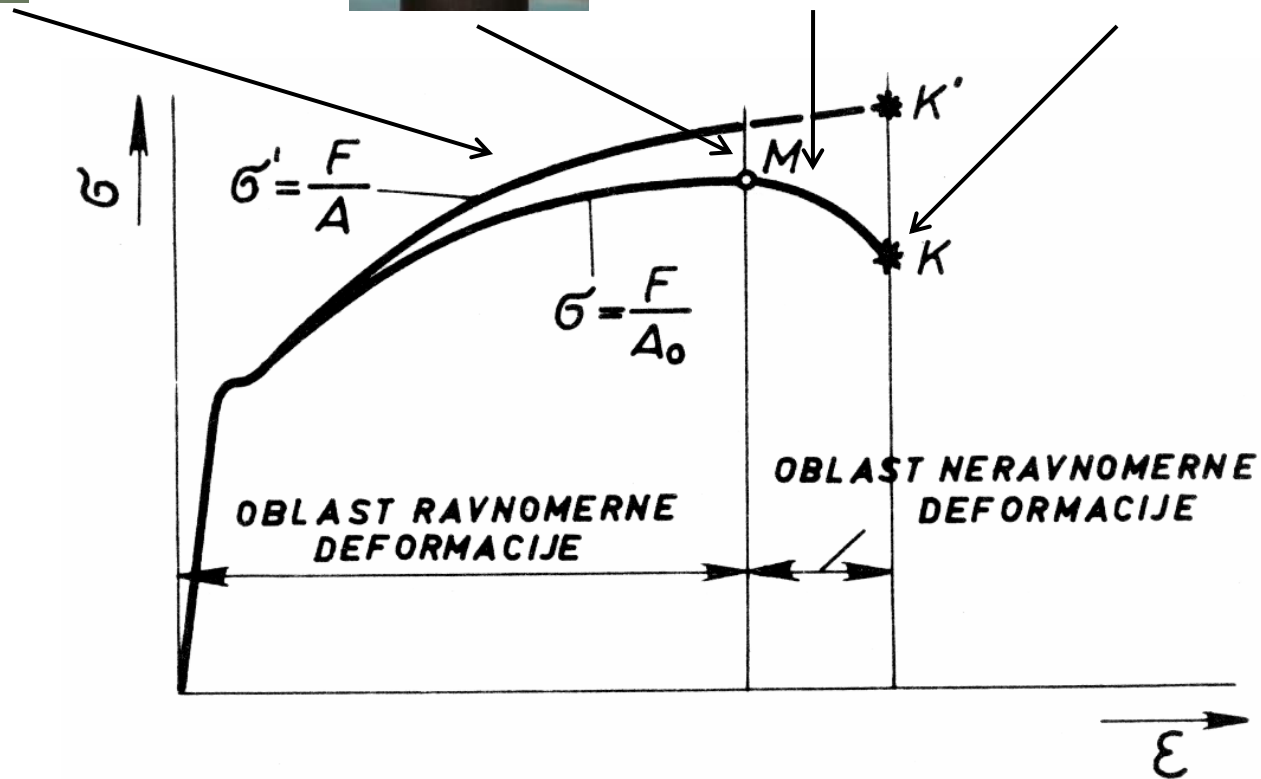
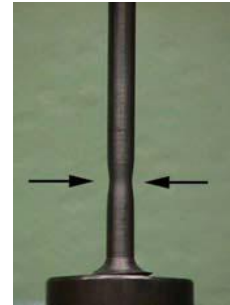
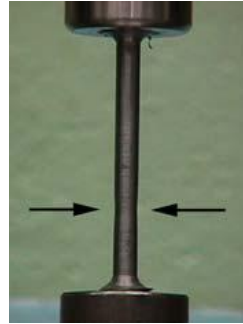
Lokalizacija deformacije

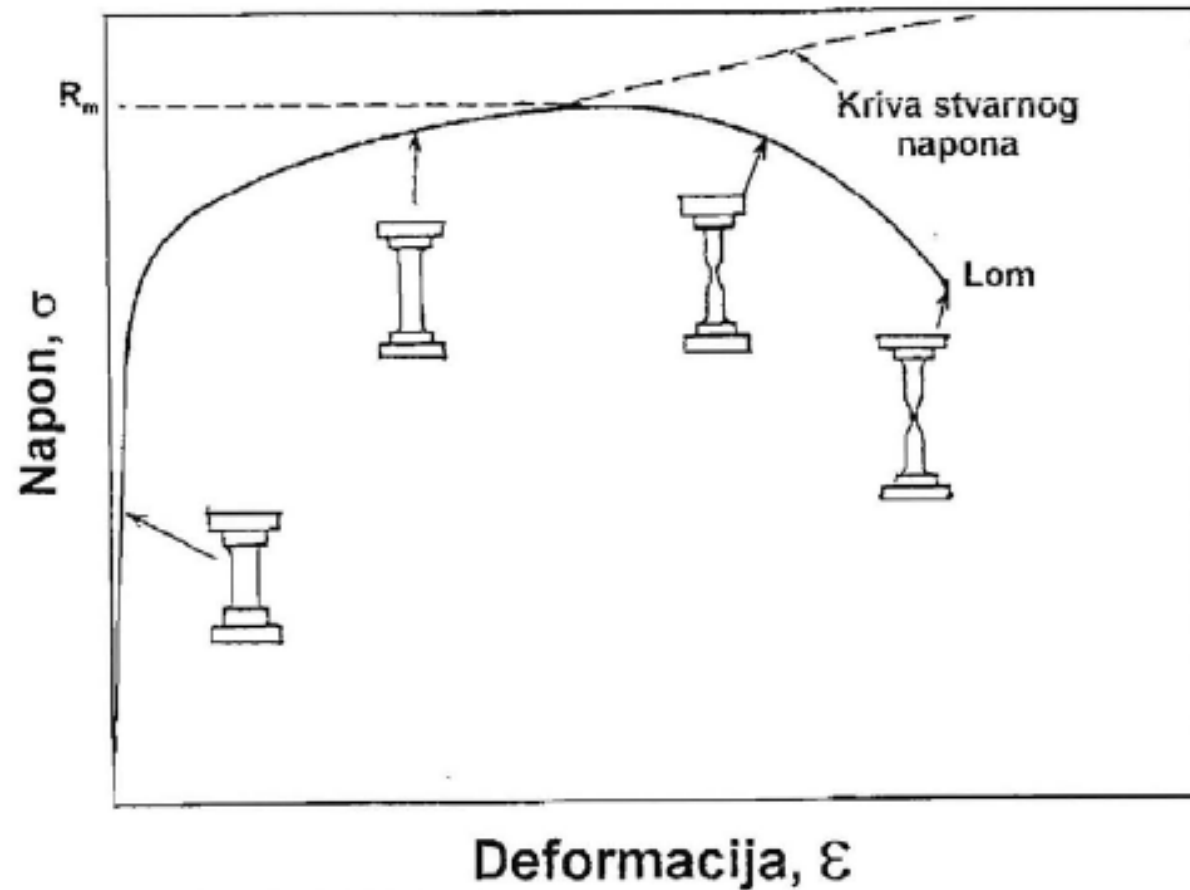


Ravnomerna deformacija



Lokalizovana deformacija





$$F = \sigma S$$

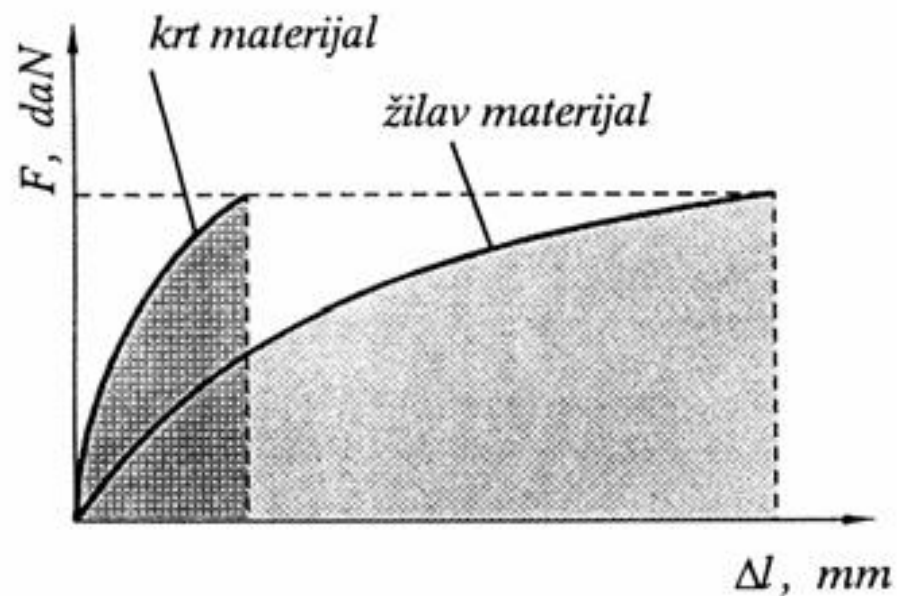
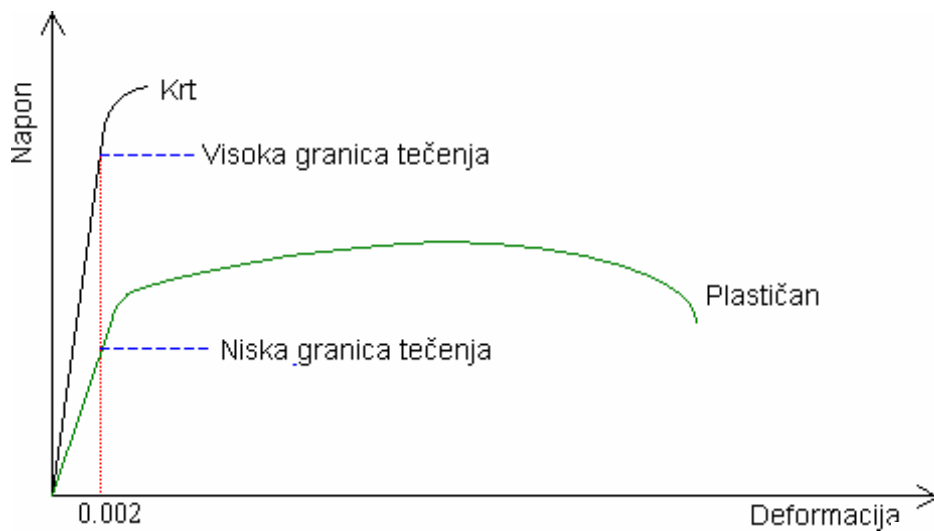
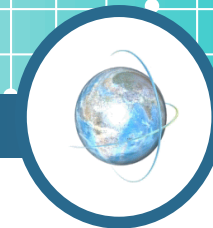
$$dF = \sigma dS + S d\sigma$$

У тачки највеће силе
(максимална)
промена силе једнака је нули

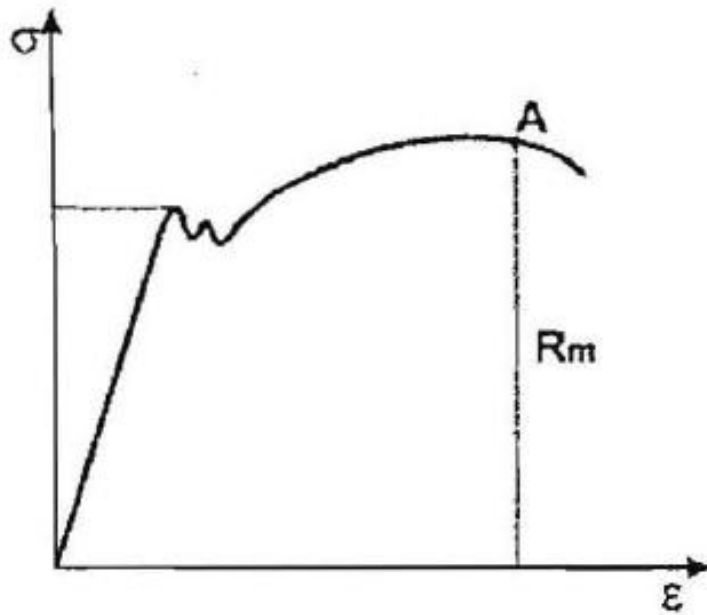
$$\sigma dS + S d\sigma = 0$$

Крива инжењерског и стварног напона

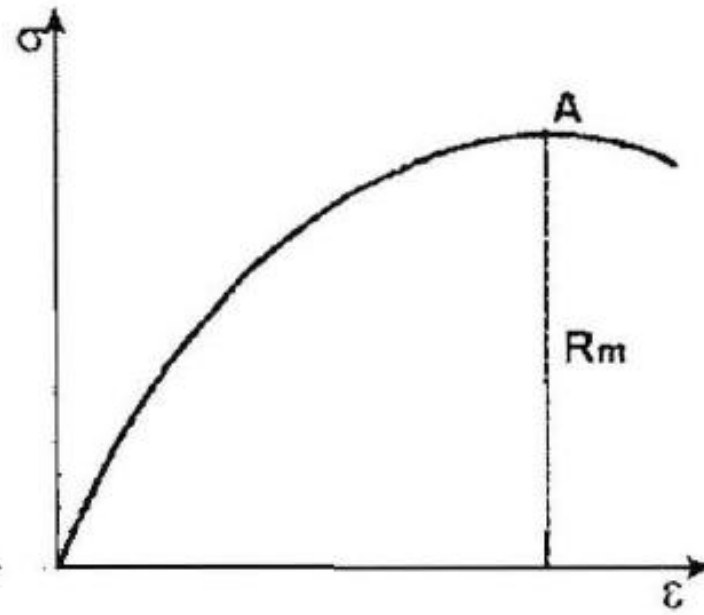
Prepoznavanje osobina materijala u zavisnosti od oblika dijagrama zatezanja



Tipovi dijagrama



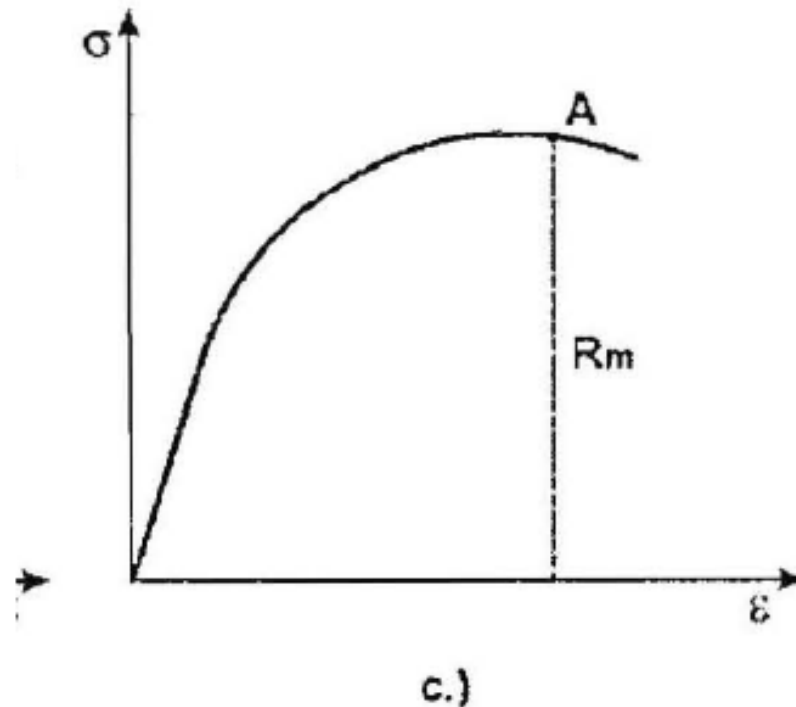
a.)



b.)

a) Постоји линеарни део, за који важи $d\sigma/d\varepsilon = \text{константа}$. Изражен је напон течења и после максималног напона и одговарајуће деформације долази до лома (СВИ КОНСТРУКЦИОНИ ЧЕЛИЦИ)

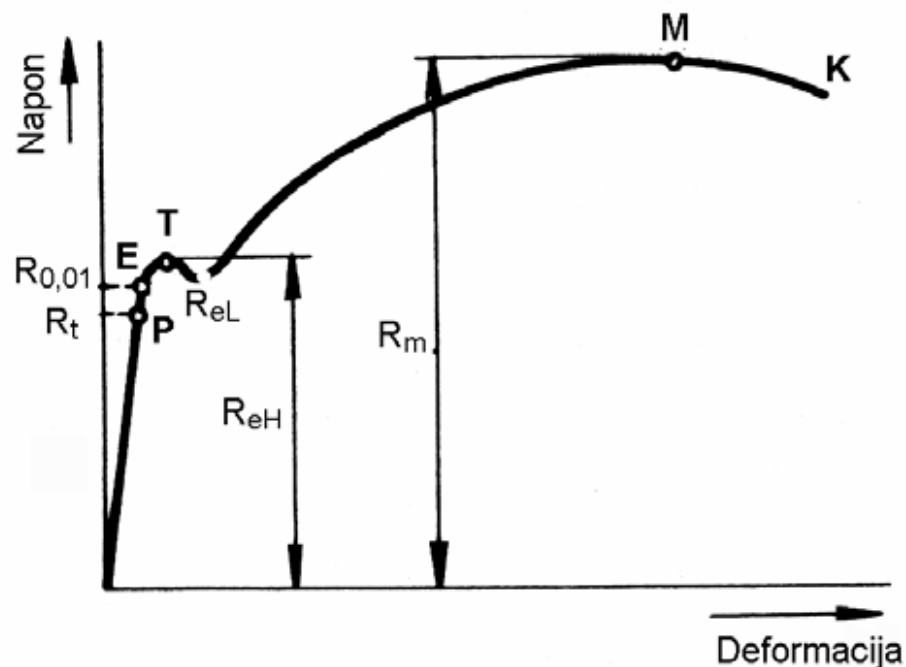
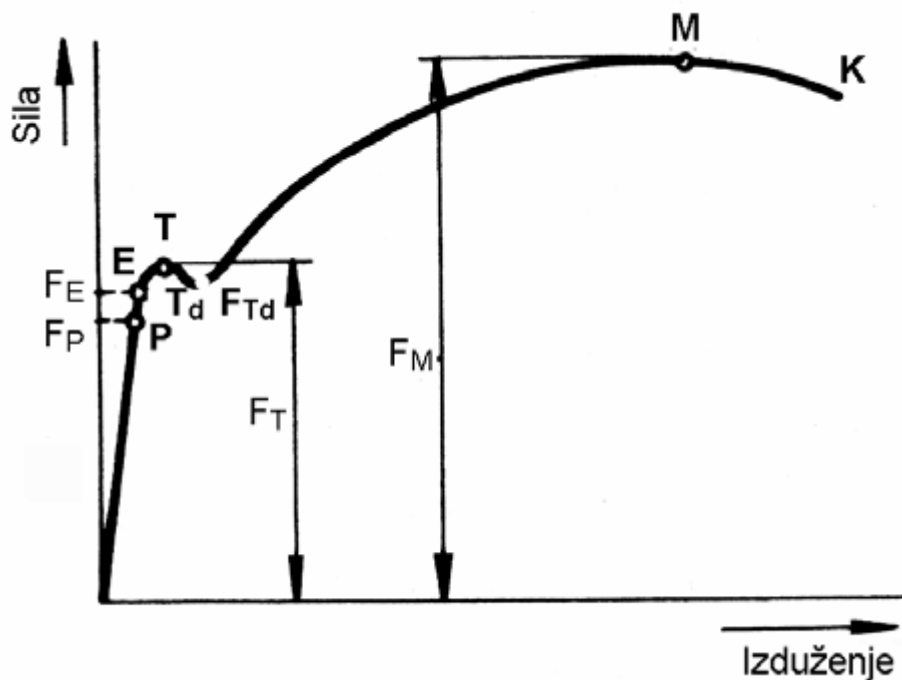
b) После опадања напона деформација и даље у порасту све до прелома. За почетни део криве важи $d\sigma/d\varepsilon \neq \text{константа}$. Није изражен напон течења примери обојени и лаки метали у меком (жареном) стању.



с) Почетак криве $d\sigma/d\varepsilon = \text{константа}$ што значи да је права линија. После максимума има још један опадајући део до прелома.

Настаје код обојених и лаких метала али и код челика када су ојачани на неки начин: хладном деформацијом, каљењем.

Određivanje karakteristika otpornosti materijala



F_P – sila na granici proporcionalnosti,
 F_E – sila na granici elastičnosti,
 F_T – sila na granici tečenja,
 F_M – maksimalna sila,
 F_K – sila kidanja.

R_t – napon na granici proporcionalnosti,
 $R_{0,01}$ – napon na granici elastičnosti,
 R_{eH} – napon na gornjoj granici tečenja,
 R_m – zatezna čvrstoća,

Određivanje karakteristika otpornosti materijala



R_t – Napon na granici proporcionalnosti (to je maksimalni napon do koga važi Hukov zakon)

$$R_t = \frac{F_p}{S_o} \text{ (MPa)}$$

F_p – sila na granici proporcionalnosti

S_o – početna površina poprečnog preseka epruvete

$$S_o = \frac{d^2 \pi}{4} \text{ (mm}^2\text{)} - \text{ za epruvete kružnog poprečnog preseka}$$

$$S_o = a_o * b_o \text{ (mm}^2\text{)} - \text{ za epruvete pravougaonog poprečnog preseka}$$



$R_{0,01}$ – Napon na granici elastičnosti

$$R_{0,01} = \frac{F_E}{S_o} \text{ (MPa)}$$

F_E – sila na granici elastičnosti

R_{eH} – Napon na gornjoj granici tečenja

$$R_{eH} = \frac{F_T}{S_o} \text{ (MPa)}$$

F_{eH} – sila na gornjoj granici tečenja



R_{eL} – Napon na donjoj granici tečenja

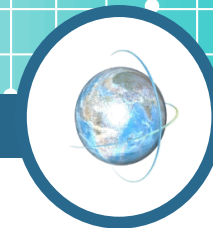
$$R_{eL} = \frac{F_{Td}}{S_o} \text{ (MPa)}$$

F_{Td} – sila na donjoj granici tečenja

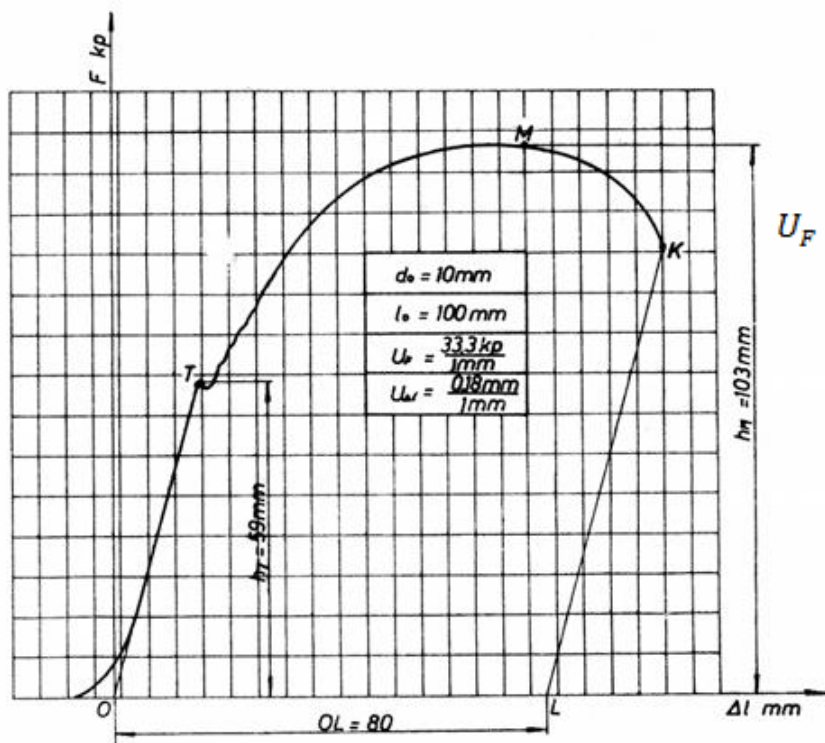
R_m – Zatezna čvrstoća

$$R_m = \frac{F_M}{S_o} \text{ (MPa)}$$

F_M – maksimalna sila



Određivanje razmere



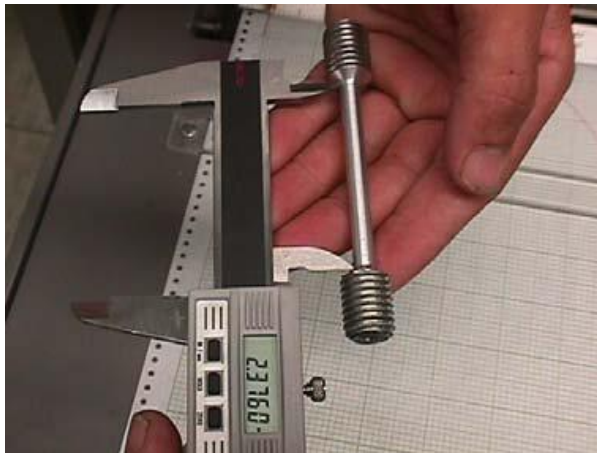
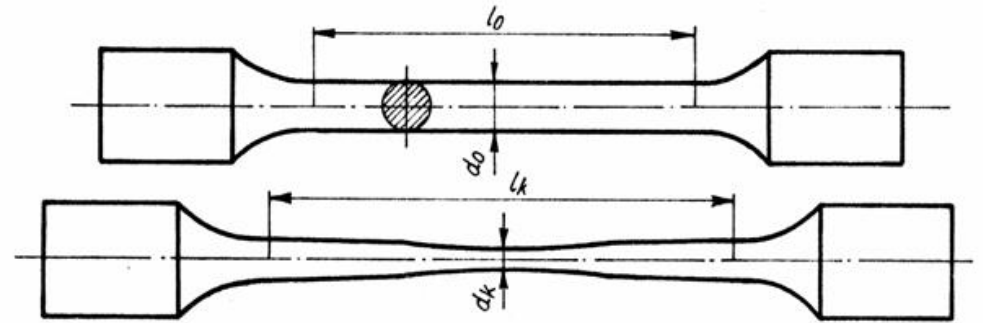
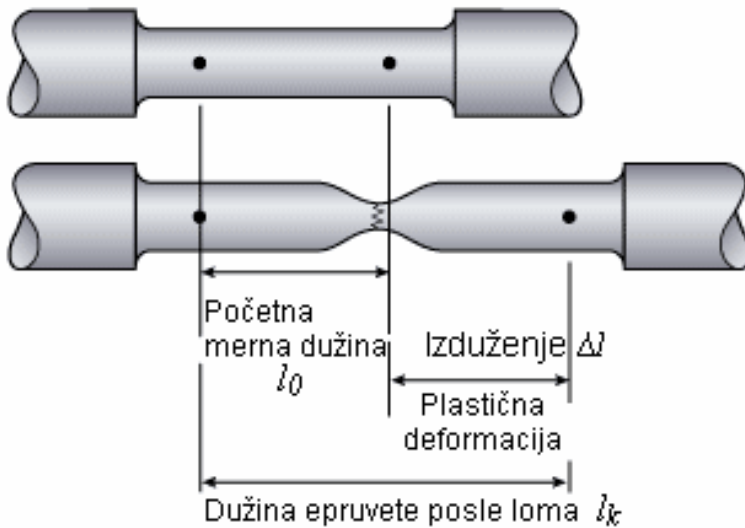
Razmera za silu

$$U_F = \frac{F_M}{h_M} = \frac{\text{maksimalna sila očitana na dinamometru}}{\text{ordinata tačke M}} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}} \right)$$

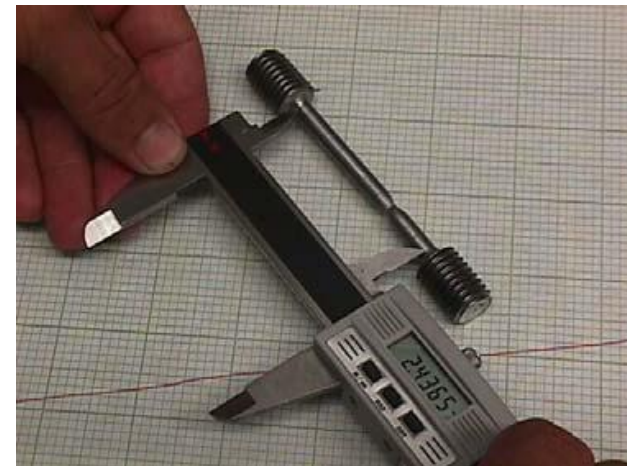
Razmera za izduženje

$$U_{\Delta l} = \frac{\Delta l}{OL} = \frac{\text{trajno izduženje epruvete}}{OL - \text{rastojanje na dijagramu}} \left(\frac{\text{mm}}{\text{mm}} \right)$$

Određivanje sposobnosti deformacije



Merenje početne dužine epruvete - l_0



Merenje dužine epruvete posle kidanja – l_k

Različiti prekidi epruveta



Različiti prekidi epruveta



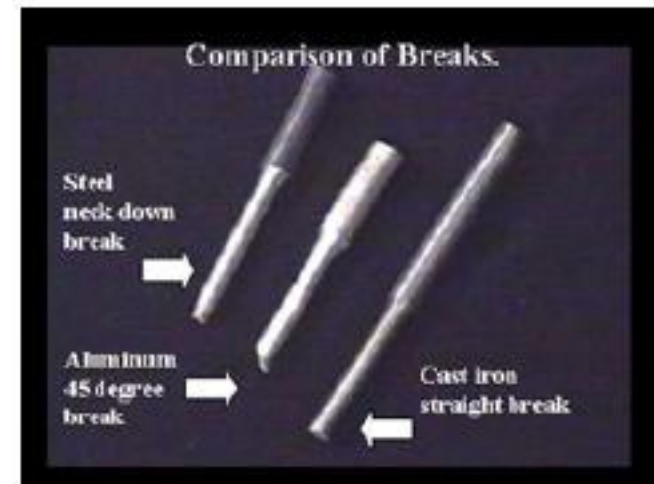
Aluminijum



Meki čelik



Liveno gvožđe



Dijagrami zatezanja sa izraženom (a i b) i neizraženom (c) granicom tečenja



Izgled epruveta pre i posle razaranja





Određivanje izduženja - Δl

Izduženje predstavlja razliku između merne dužine epruvete posle loma i njene početne merne dužine.

$$\Delta l = l_k - l_0$$

Određivanje relativnog izduženja - A

Relativno izduženje predstavlja količnik između izduženja epruvete i njene početne merne dužine izražen u procentima.

$$A_{11,3} = \frac{l_k - l_0}{l_0} * 100 (\%)$$

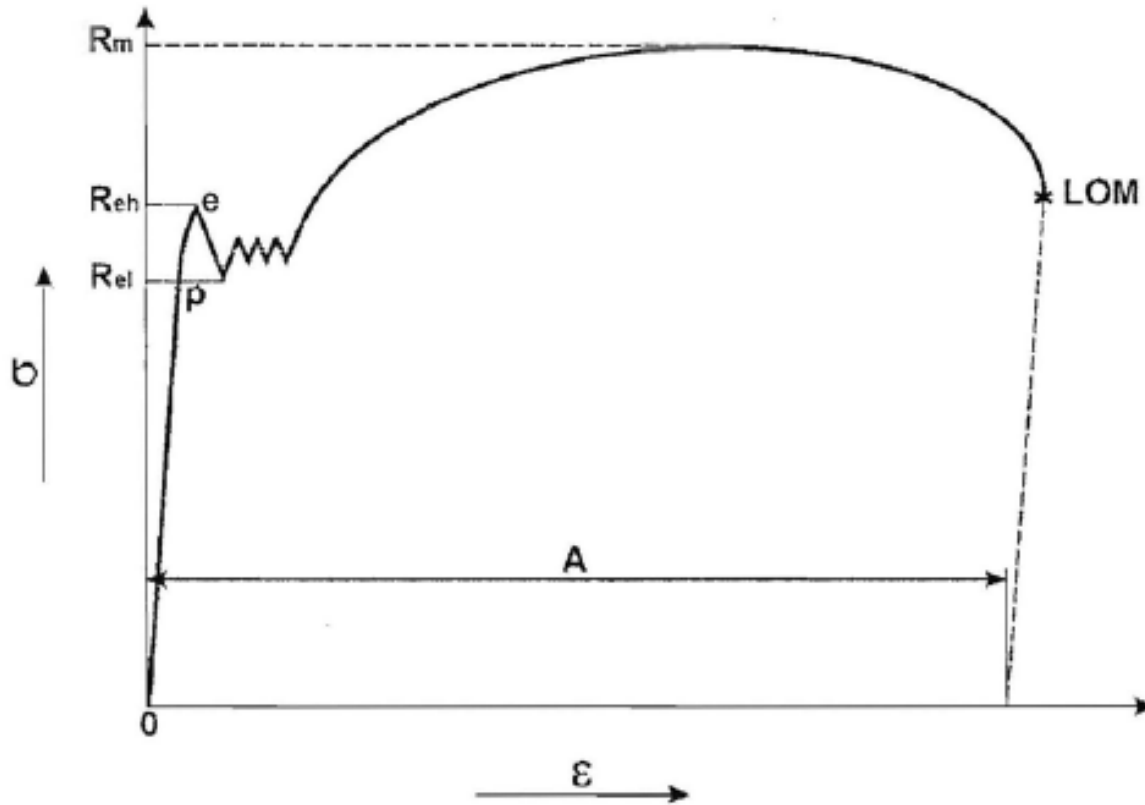
$A_{11,3}$ – za duge epruvete

$A_{5,65}$ – za kratke epruvete

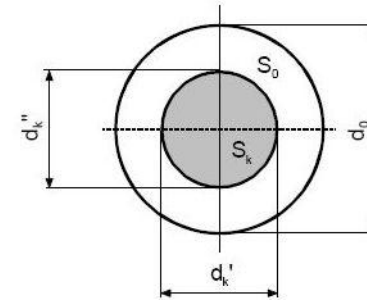
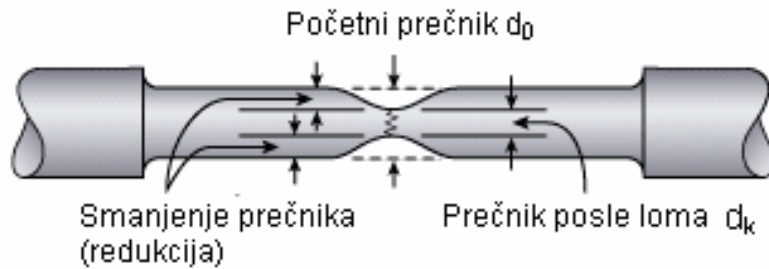
Dijagram izduženja



$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 (\%)$$



Određivanje sposobnosti deformacije



Merenje prečnika epruvete pre zatezanja



Merenje prečnika epruvete na mestu prekida



Određivanje suženja (kontrakcije) – Z

Suženje predstavlja procentualno smanjenje površine preseka epruvete na mestu prekida.

$$Z_{11,3} = \frac{S_o - S_k}{S_o} * 100 (\%)$$

$Z_{11,3}$ – za duge epruvete

$Z_{5,65}$ – za kratke epruvete

$$S_o = \frac{d_o^2 \pi}{4} \text{ (mm}^2\text{)} - \text{početna površina poprečnog preseka}$$

$$S_k = \frac{d_k^2 \pi}{4} \text{ (mm}^2\text{)} - \text{površina poprečnog preseka epruvete na mestu prekida}$$

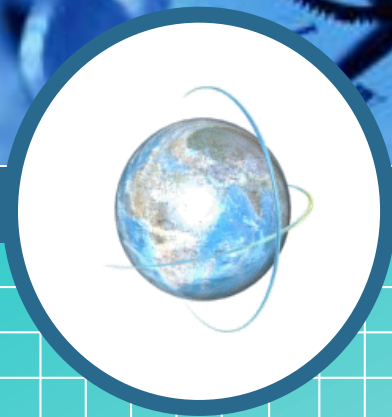
$$d_k = \frac{d'_k + d''_k}{2} - \text{srednji prečnik epruvete na mestu prekida}$$

Izveštaj o ispitivanju zatezanjem



Mašinski fakultet u Kragujevcu		Student: _____						
Predmet: Mašinski materijali – Laboratorijske vežbe		Br. indeksa: _____ Grupa: _____						
IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU ZATEZANJEM			Vežba br. 2					
Vrsta materijala koji se ispituje: _____		Oznaka materijala: _____						
Skica i dimenzije epruvete:								
Osnovne dimenzije epruvete: $l_0 = \text{_____ mm}$; $d_0 = \text{_____ mm}$		Karakteristika epruvete: $l_0 = \text{_____ } d_0$	Površina preseka epruvete: $S_0 = \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4} = \text{_____} =$					
USLOVI ISPITIVANJA								
Ispitivanje se vrši po standardu: _____		Karakteristike mašine za ispitivanje:						
Temperatura ispitivanja: _____		Tip mašine: _____						
		Opseg merenja sile: _____						
		Brzina porasta opterećenja: _____						
REZULTATI ISPITIVANJA								
Sila na granici tečenja	Maksimalna sila	Korekcija merne dužine l_k			Dimenzije preseka epruvete posle kidanja			Površina preseka epruvete posle kidanja
$F_T (F_{0.2}), N$	F_M, N	m, mm	n, mm	$l_k = m + 2n, mm$	d_k', mm	d_k'', mm	$\Delta k = \frac{d_k' + d_k''}{2}, mm$	$S_k = \frac{d_k^2 \cdot \pi}{4}, mm^2$
Dijagram zatezanja								
Granica tečenja		Zatezna čvrstoća	Izdужење	Relativno izduženje	Kontrakcija		Overa:	
$R_{eH} (R_p), MPa$		R_m, MPa	$\Delta l, mm$	$A, \%$	$Z, \%$		Datum: _____	
$R = \frac{F}{S_0}$		$R_m = \frac{F_M}{S_0}$	$\Delta l = l_k - l_0$	$A = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100$	$Z = \frac{S_k - S_0}{S_0} \cdot 100$			

LOGO



Korišćen je materijal za vežbe sa Mašinskog fakulteta Kragujevac