

Машински материјали

Предавање број 5

***Својства метала и легура њихово
испитивање, модул еластичности,
чврстоћа, тврдоћа и енергија удара***

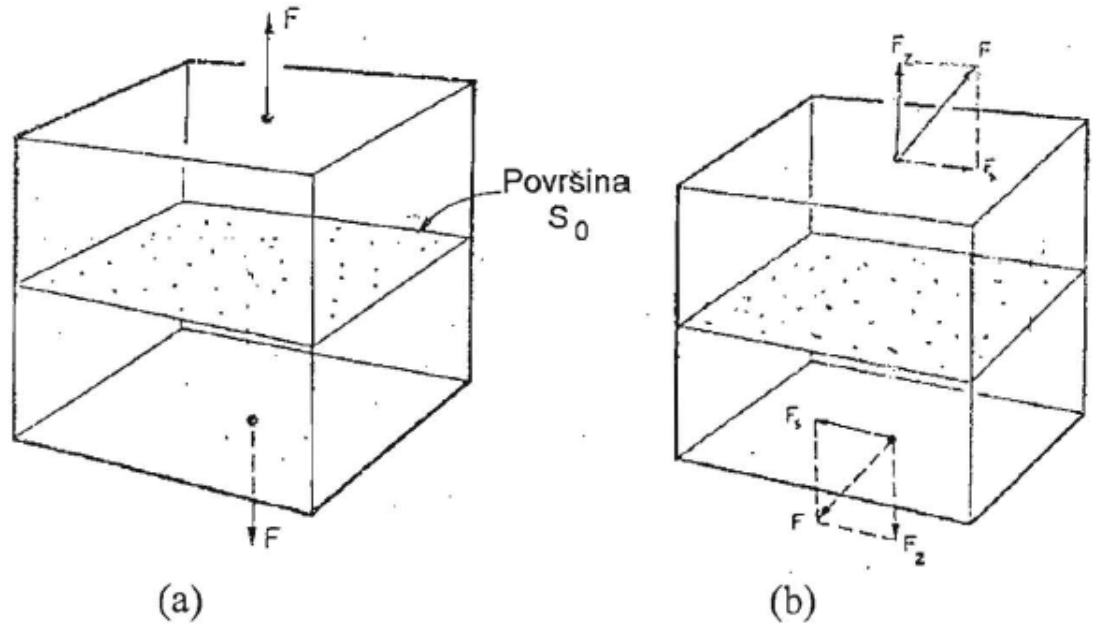
МЕХАНИЧКЕ ОСОБИНЕ

Нормални или затезни напон- σ :

$$\sigma = F / S_0$$

Смицајни напон,
паралелан правцу
силе смицања- τ

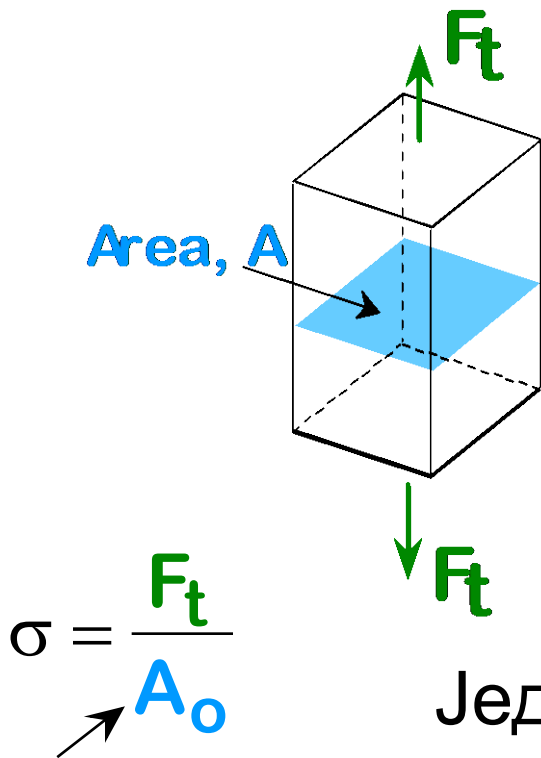
$$\tau = F_s / S_0$$



Слика 1 Дејство силе а) затезања и б) смицања на блок

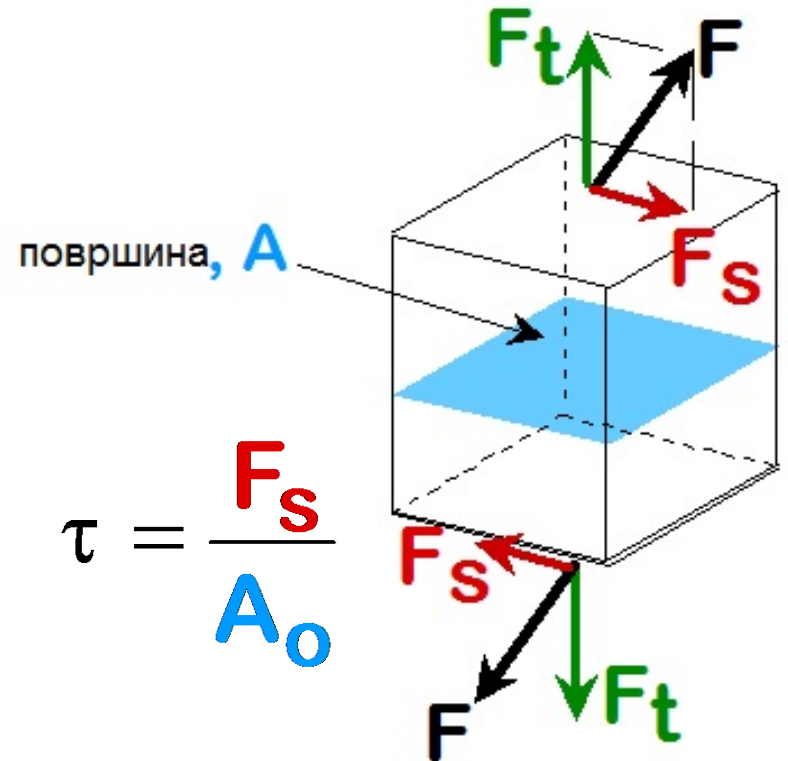
Механичке особине

Нормални или затезни напон- σ



Јединица за напон је N/mm^2

Смицајни напон, τ



МЕХАНИЧКЕ ОСОБИНЕ

Постоје четири уобичајена стања напона:

1. Чисто затезање и чисто сабијање
2. Двоосно затезање
3. Хидростатички притисак
4. Чисто увијање

МЕХАНИЧКЕ ОСОБИНЕ

Материјал одговара на напон деформацијом.

Затезни напон изазива затезну деформацију.

$$\varepsilon = \frac{\delta_z}{l_0}$$

Номинална затезна деформација ε :

$$\nu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z}$$

Poissonov однос- ν

ν = -деформација у попречном правцу/деформација у уздужном правцу

Смицајни напон ствара смицајну деформацију

$$\gamma = \frac{\delta}{l_0} = \text{tg } \theta,$$

где је θ угао смицања

Пошто је еластична деформација скоро увек веома мала, можемо апроксимирати

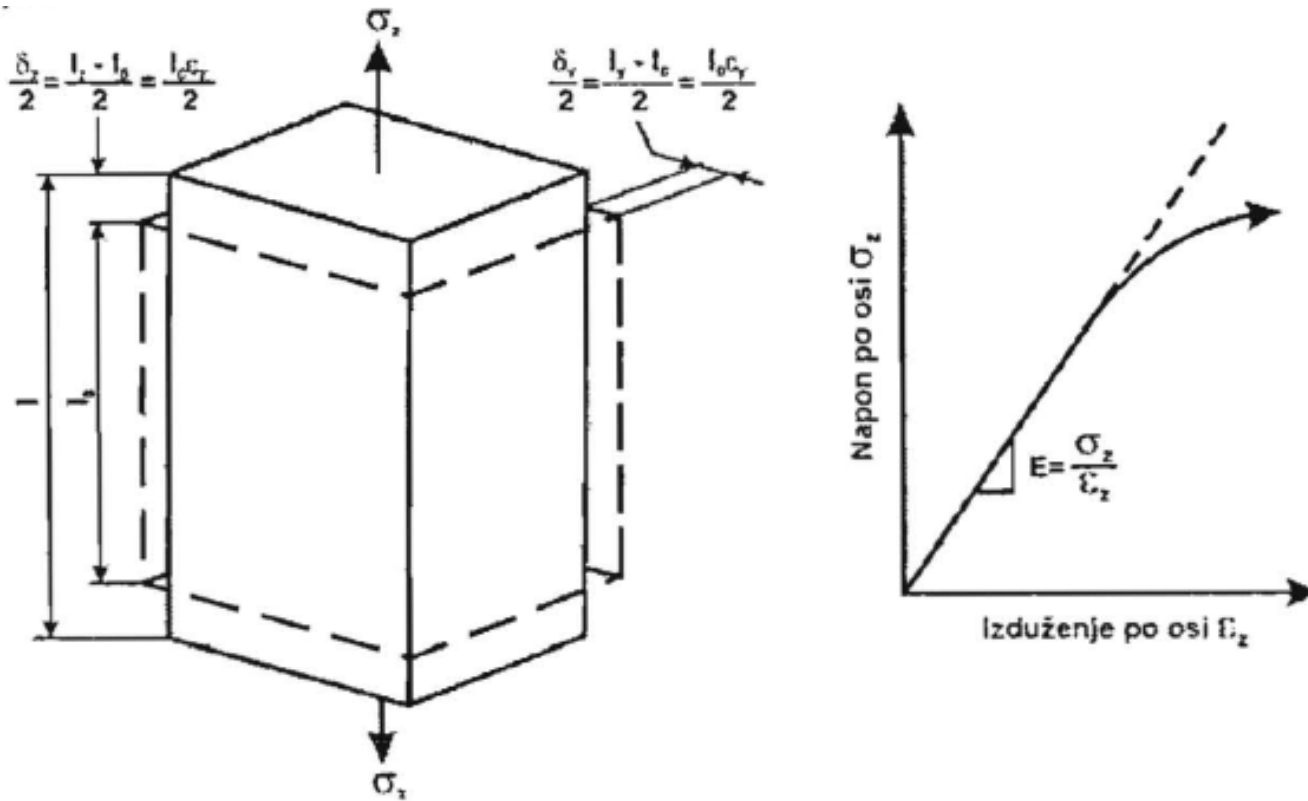
да је $\text{tg } \theta = \theta$, односно $\gamma = \theta$

Хидростатички напон узрокује промену запремине која се зове дилатација.

Ако је промена запремине ΔV , а запремина куба- V , дилатација се дефинише:

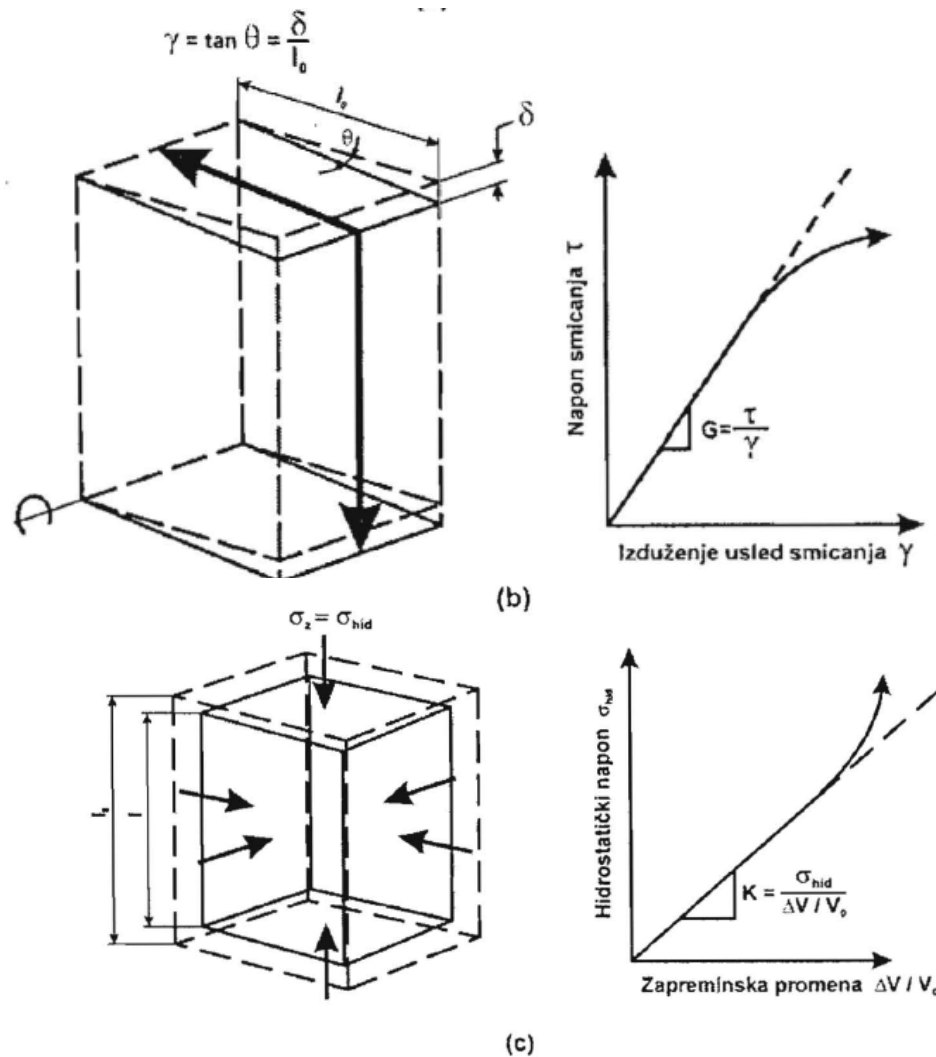
$$\Delta = \Delta V / V$$

МЕХАНИЧКЕ ОСОБИНЕ



Деформација при (а) затезању

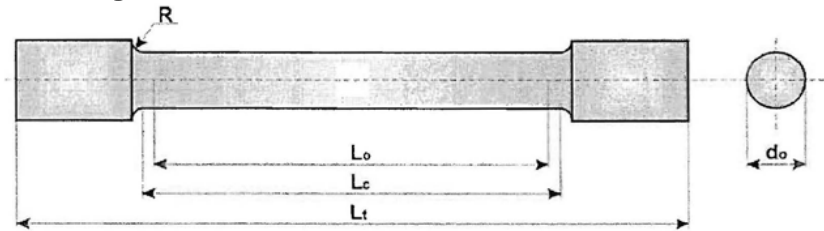
МЕХАНИЧКЕ ОСОБИНЕ



Деформација при б) смицању и с) хидростатичком притиску

Испитивање механичких особина

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



L_o - 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_o (mm)	L_o (mm)
20	100
10	50
5	25

Да резултат не буде зависан од епрувете, користе се тзв. **пропорционалне епрувете**: $L_o = 5d_o$

Испитивање механичких особина

Епрувете за шипке и жице мање од 4mm

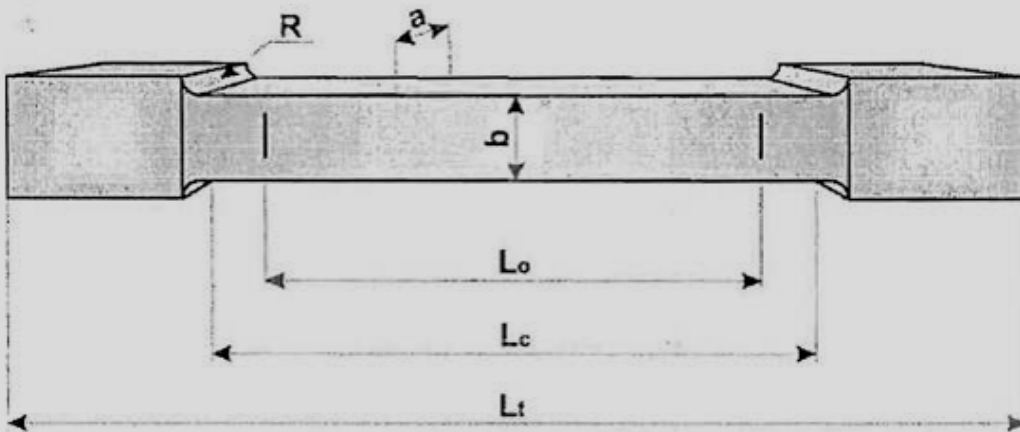


Узорак је пропорционалан ако важи однос:

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

d_0 - пречник епрувете

S_0 - површина попречног пресека

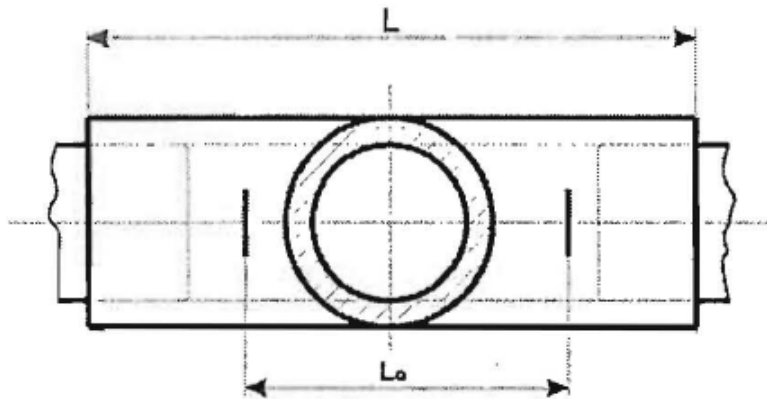


Узорци са проширеним крајевима

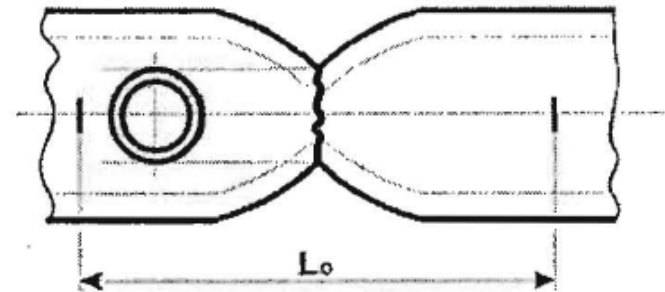
Епрувете за лимове и траке веће од 3mm

Испитивање механичких особина

Епрувете за лимове и траке мање од 3mm



Епрувете за цеви



Табела Димензије епрувете за танке лимове

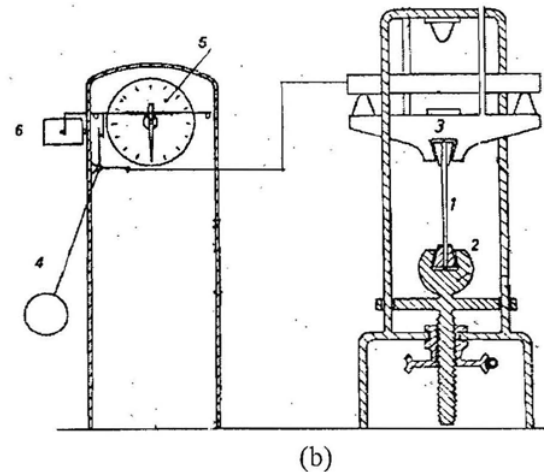
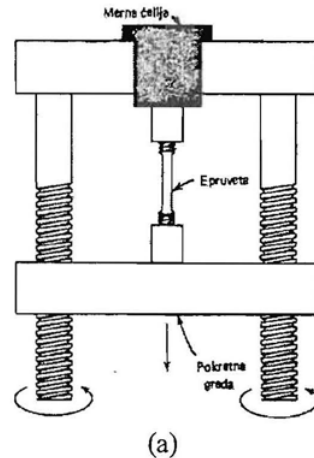
Ширина b_0 (mm)	Мерна дужина L_0 (mm)
12,5	50
20	80

Испитивање механичких особина

Машине за испитивање

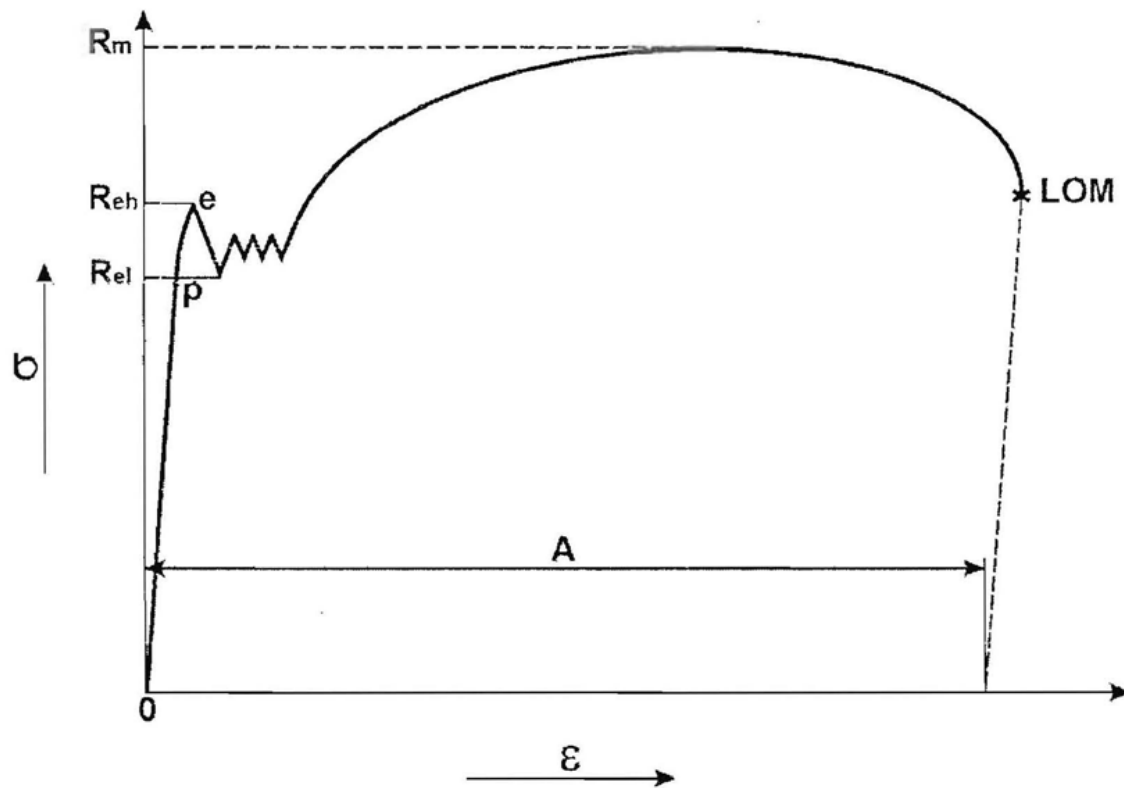
Основни делови машине за испитивање или кидалице су

- уређај који производи силу (механички или хидраулички погон)
- уређај за преношење силе,
- уређај за регистровање силе -писач
- уређај за мерење деформације



Дијаграм напон издужење

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



Дијаграм напон издужење

Напон течења

- После достизања напона течења настају велике пластичне деформације уз мали пораст напона:
- (R_H) Горњи напон течења, при коме настаје први превој криве напон-издужење
- (R_{el}) Доњи напон течења је напон на коме се устали за време приметног издужења
- Одређивање напона течења експериментално:

$$R_{EH} = F_{eH} / S_0; R_{EL} = F_{eL} / S_0, R_e = F_e / S_0 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

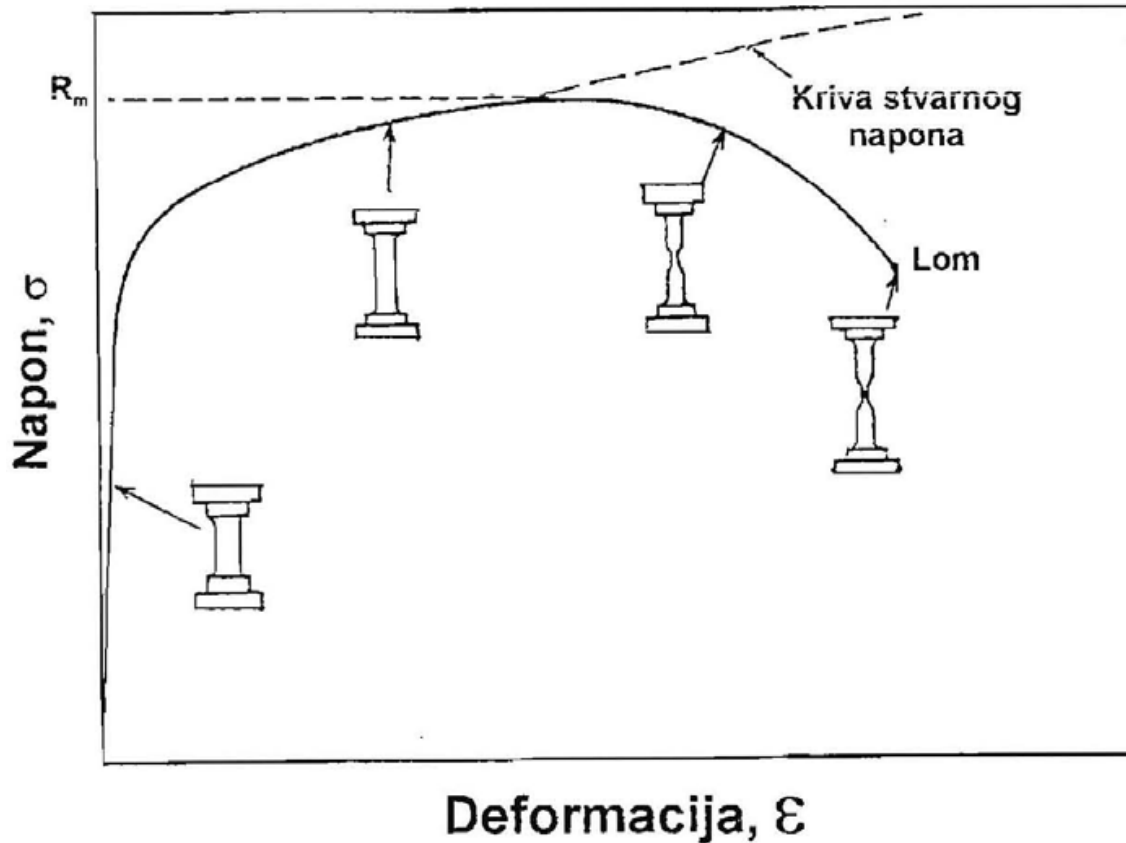
Затезна чврстоћа је највећи напон који материјал може да издржи при затезању.

Затезна чврстоћа је статичка чврстоћа при испитивању затезањем.

$$R_m = F_m / S_0 \text{ [N/mm}^2\text{]} \text{ или [MPa]}$$

F_m - максимална измерена сила
 S_0 - површина попречног пресека

Стварна крива затезања



$$F = \sigma S$$

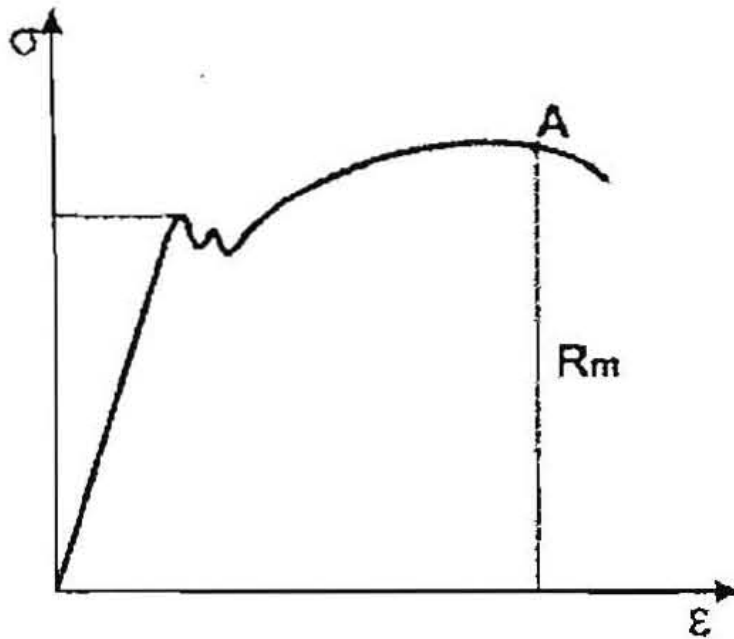
$$dF = \sigma dS + S d\sigma$$

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

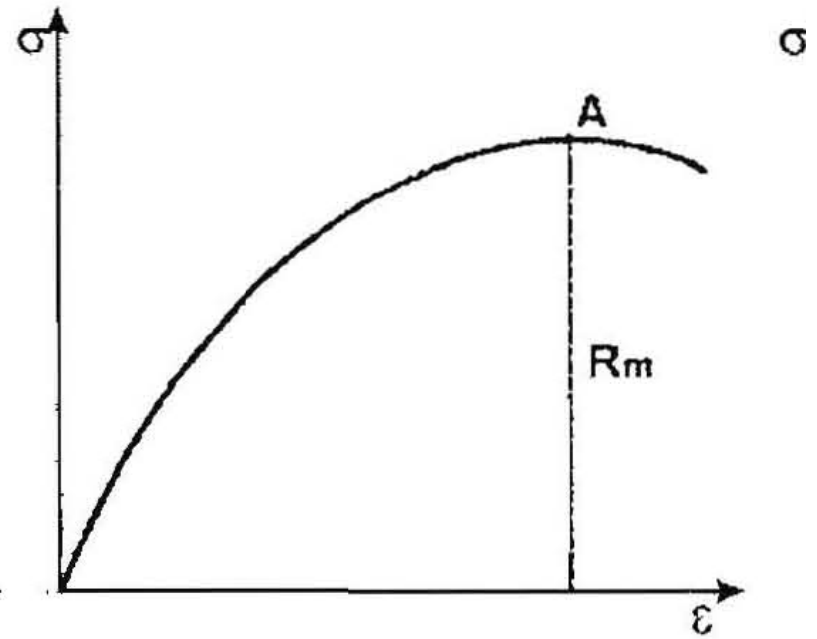
$$\sigma dS + S d\sigma = 0$$

Крива инжењерског и стварног напона

ТИПОВИ ДИЈАГРАМА



a.)

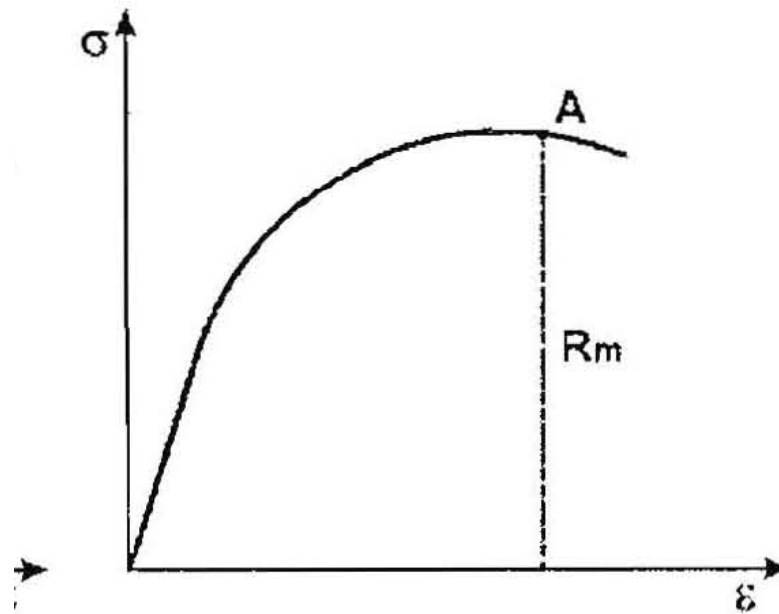


b.)

ТИПОВИ ДИЈАГРАМА

- 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.

Врсте дијаграма



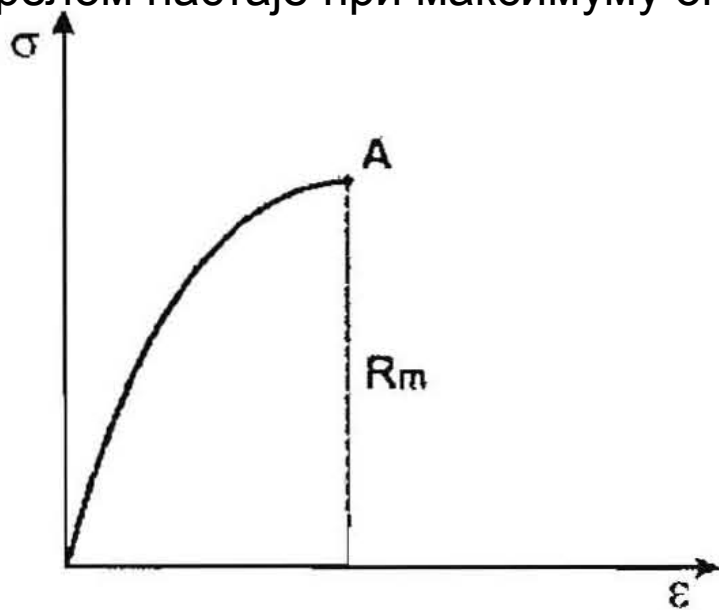
с.)

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

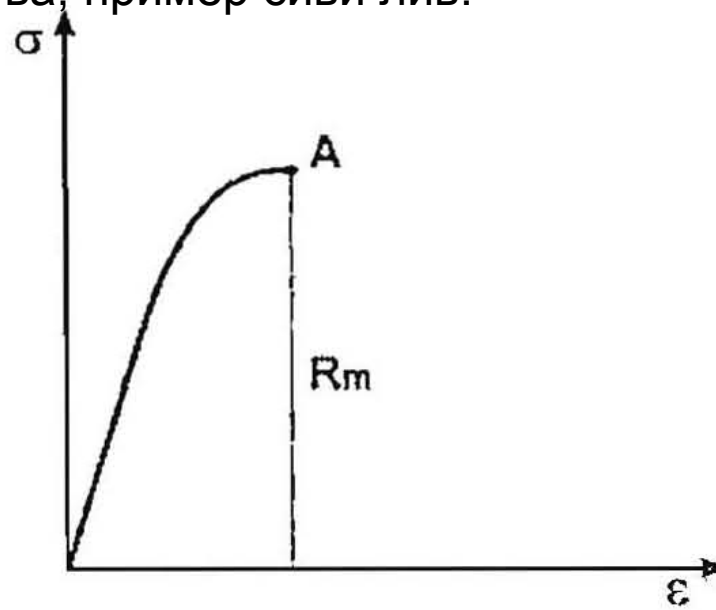
Настаје код обојених и лаких метала али и код челика када су ојачани на неки начин: хладном деформацијом, каљењем.

ВРСТЕ ДИЈАГРАМА

d) Није изражен напон течења и не постоји део криве за који важи $d\sigma/d\varepsilon = \text{константа}$, прелом настаје при максимуму оптерећења, пример сиви лив. односно важи однос $d\sigma/d\varepsilon \neq \text{константа}$
Прелом настаје при максимуму оптерећења, пример сиви лив.



d.)

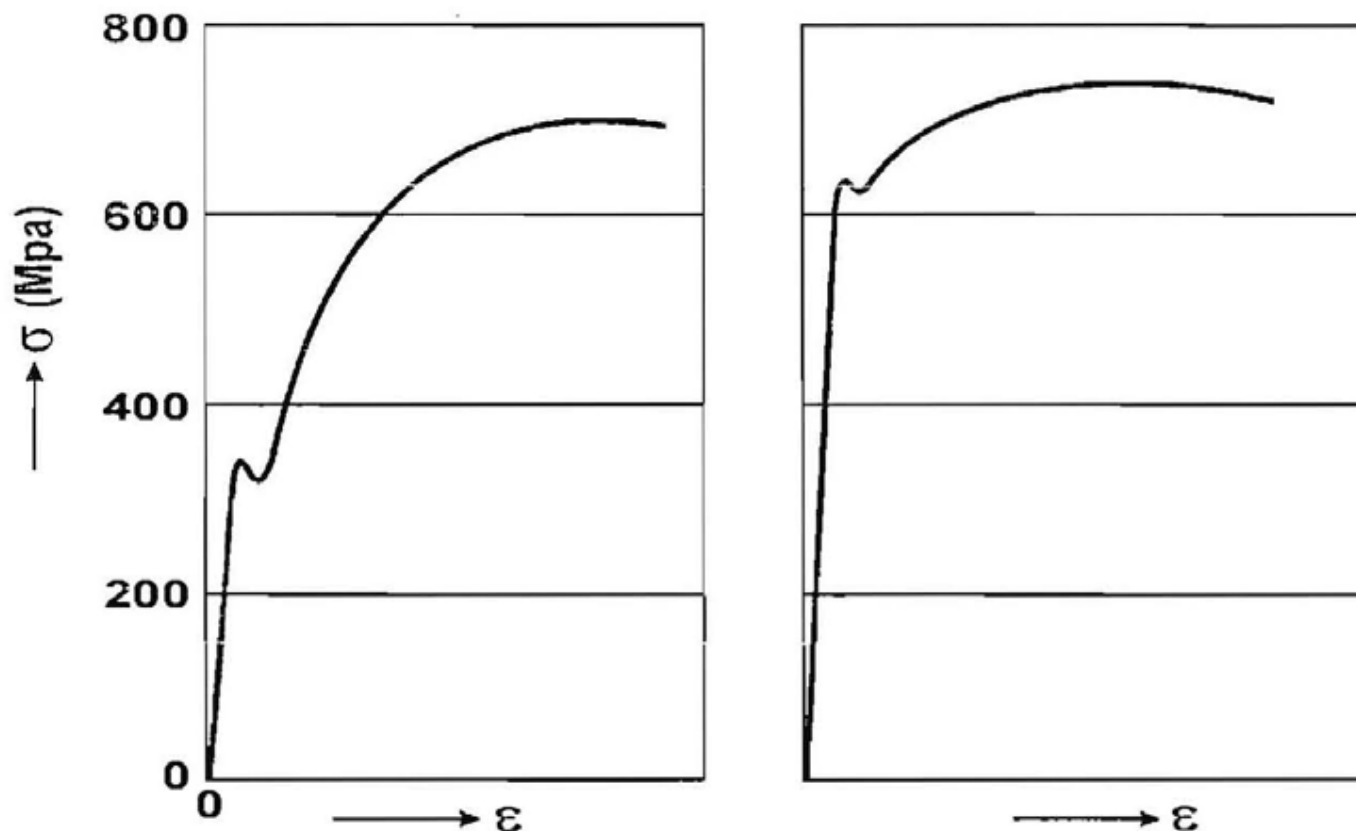


e.)

e) Постоји део за који важи $d\sigma/d\varepsilon = \text{константа}$. Прелом је на максималној сили, мангански челик Хатфилдов челик, ливени месинг.

Дозвољени напон

$$\sigma = R_m / v_1 \quad \text{ili} \quad \sigma = R_p / v_2$$



Степен
искоришћења
затезне
чврстоће
 $\eta = R_p / R_m$

Скица дијаграма сила-издужење а) малим и б) великим степеном искоришћења затезне чврстоће

Метода оптерећења растерећења

Конвенционални напон течења може да се добије и без израде дијаграма Сила-издужење, ако се користе одговарајући уређаји за прецизно мерење деформација дилатометри (тензометри).

Граница еластичности је напон при коме пластична деформација износи 0,01% или 0,05% и означава се са $\sigma_{0.01}$ $\sigma_{0.05}$.

Одређивање конвенцијалног напона течења

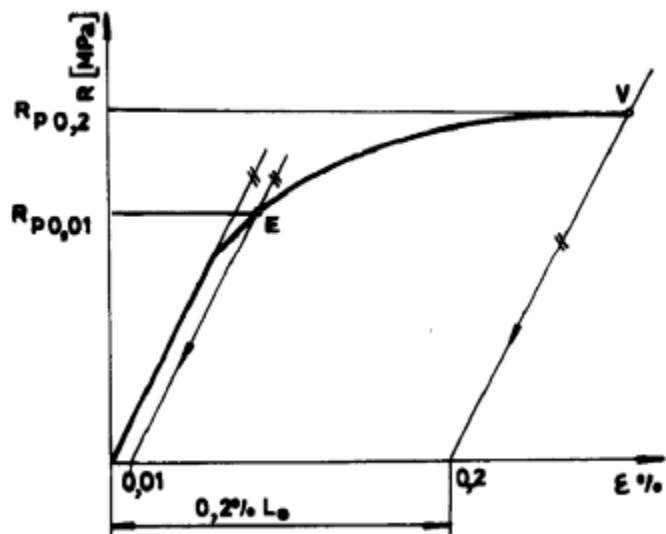
У случају када на дијаграму затезања није изражен напон течења одређује се конвенционални напон течења- $R_{p0,2}$ напон при коме **пластична трајна деформација износи 0,2%.**

Начин одређивања може бити:

1) Графички

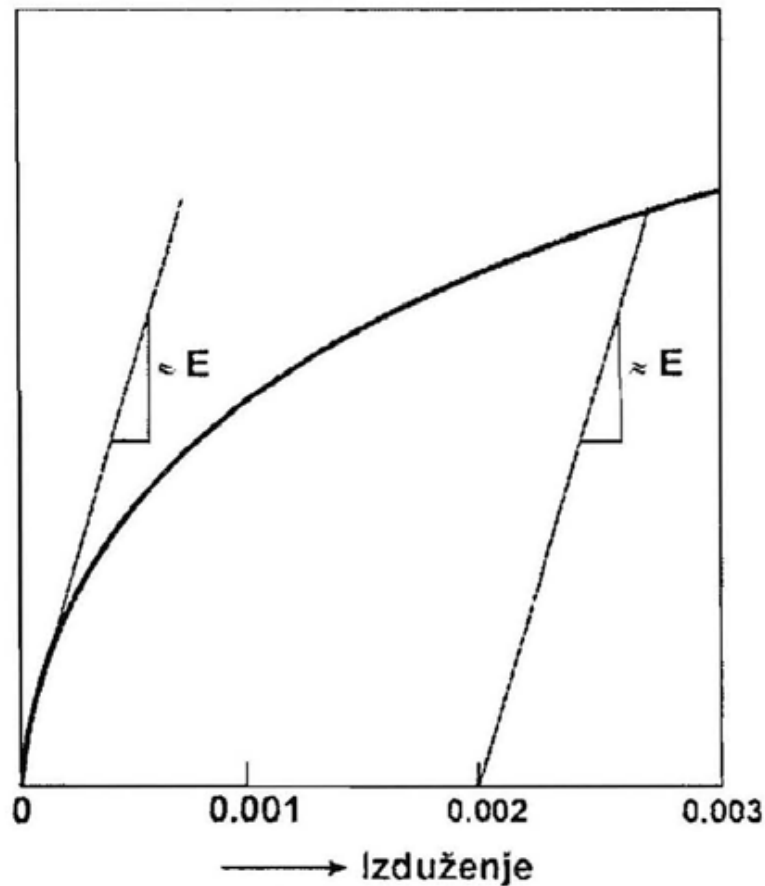
2) Метода оптрећења-растерећења

Графички начин одређивања



$$R_{0,2} = F_{0,2} / S_0 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

↑ Напон



1) Графички начин одређивања конвенционалног напона течења $R_{p0,2}$

Модул еластичности

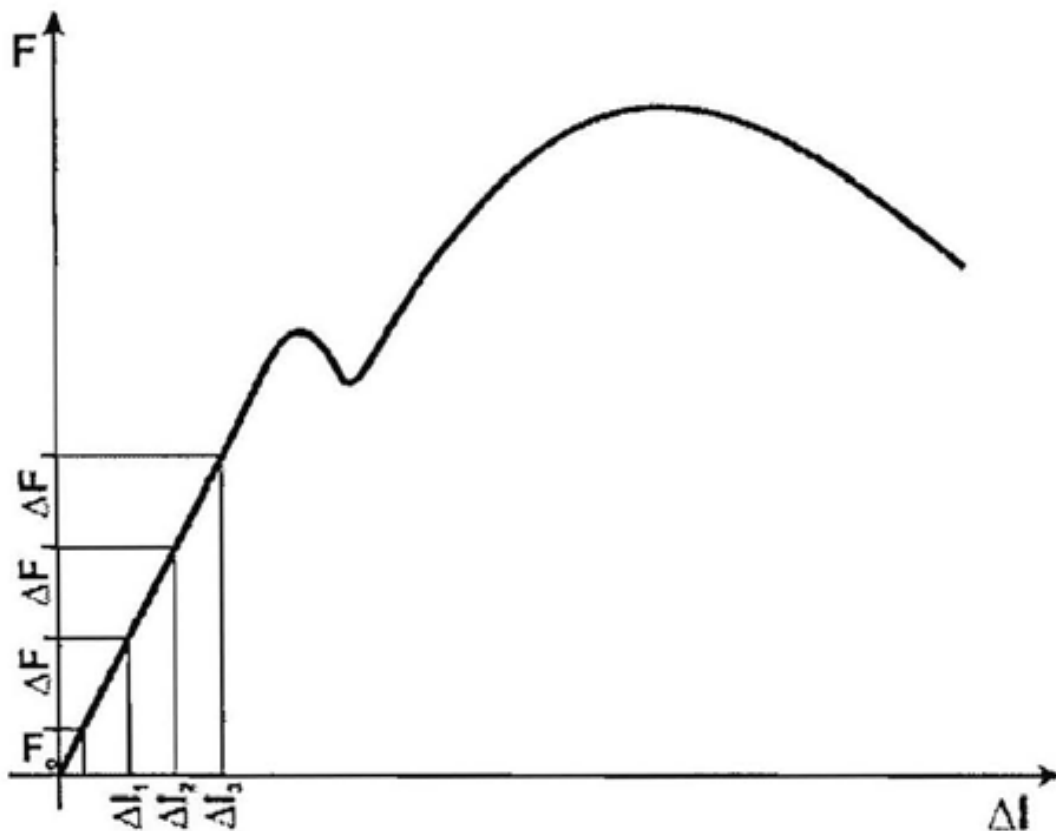
- У подручју пропорционалности напона и деформације (где важи Хуков Закон) константа пропорционалности је МОДУЛ ЕЛАСТИЧНОСТИ- E .
- Модул еластичности представља однос напона према јединичном издужењу у подручју где важи Хуков закон:
- $\sigma = E\varepsilon$
- $E = \sigma / \varepsilon$

Модул еластичности

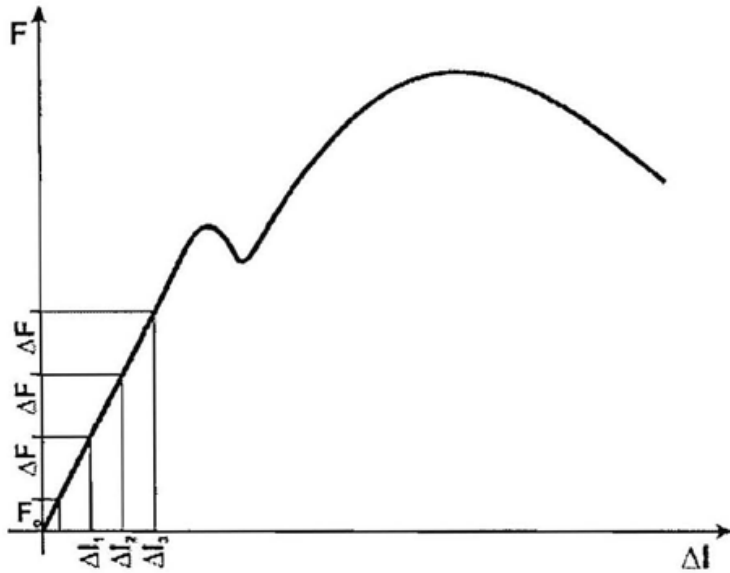
- У случају затезања
- $E = (FL_0)/(SF\Delta L)$
- При порасту силе F расте дужина L_0 ако се претпостави да је порасла на двоструку дужину односно да је $L_0 = \Delta L$ добија се
- $E = F/S_0$
- Модул еластичности је мера отпорности материјала према деформисању.
- Уколико је његов износ већи утолико је за једнаки пресек материјала потребна већа сила да би настала деформација.

Одређивање модула еластичности

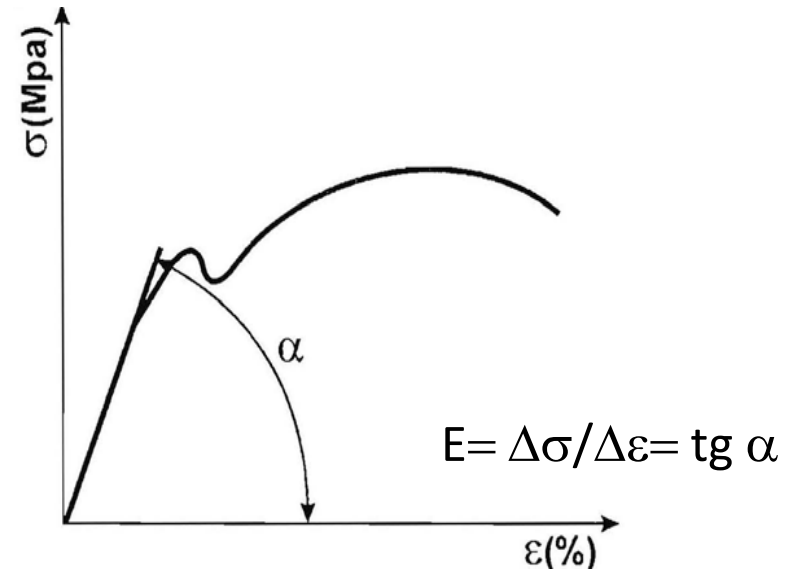
У материјалима који показују линеарну зависност између напона и јединичног издужења модул еластичности се практично одређује тако што се у подручју еластичности за неколико узастопних једнаких прираштаја силе ΔF , помоћу екстензометра читају прираштаји ΔL који при идеалним условима треба да су међусобно једнаки.



ОДРЕЂИВАЊЕ МОДУЛА ЕЛАСТИЧНОСТИ



Одређивање модула еластичности

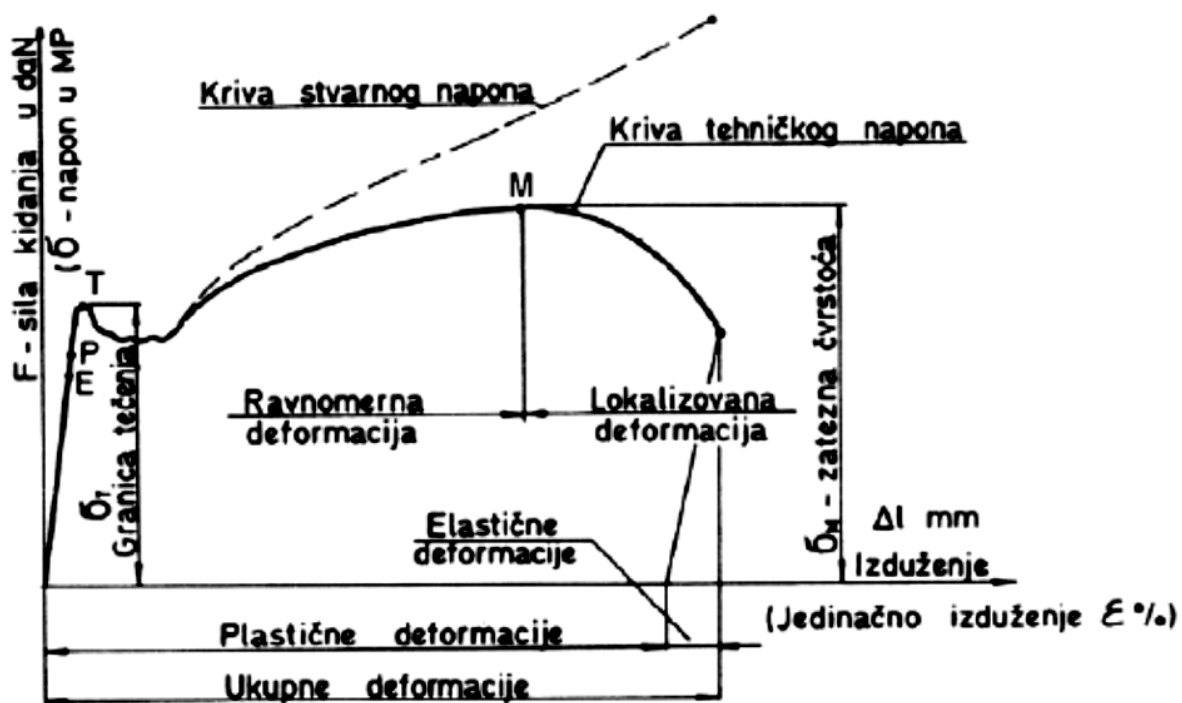


Одређивање модула еластичности
помоћу дијаграма

Модул еластичности зависи од врсте материјала и он је у вези са унутрашњом грађом материјала.

ДИЈАГРАМ ЗАТЕЗАЊА

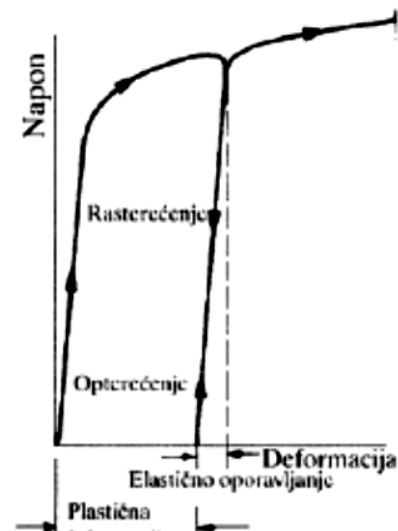
Dijagram zatezanja



Opterećenje i rasterećenje
enrivete pri zatezanju

Karakteristične tačke:

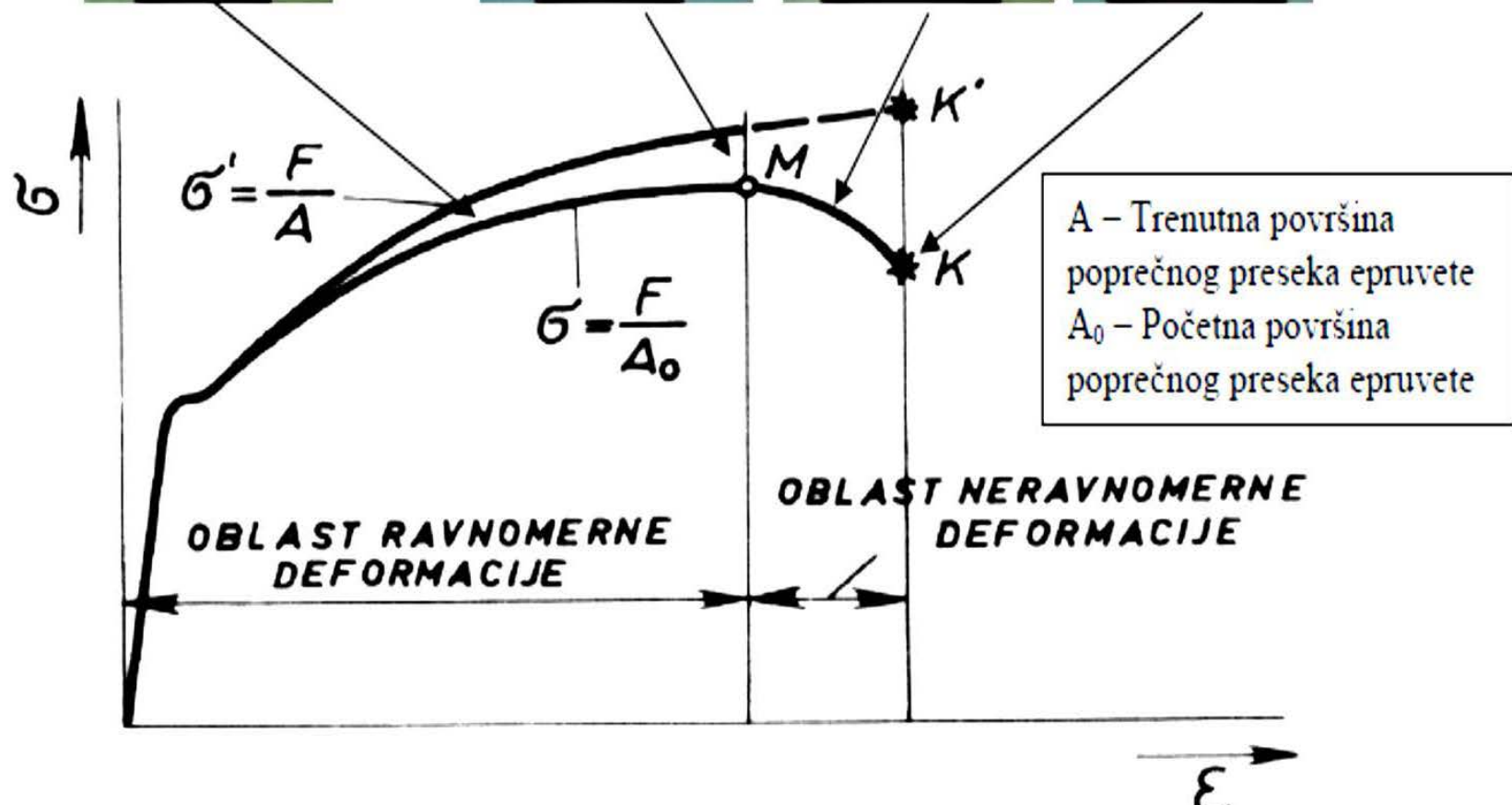
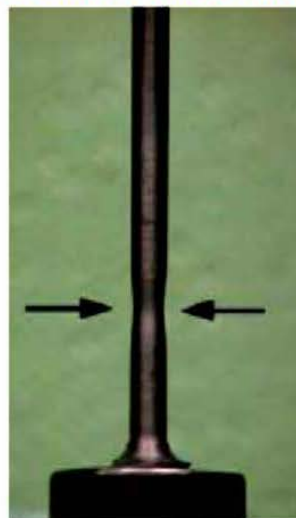
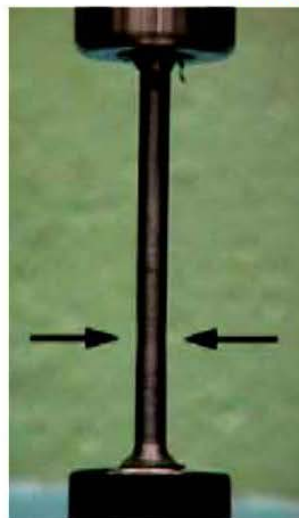
- E – granica elastičnosti,
- P – granica proporcionalnosti,
- T – granica tečenja,
- M – maksimalna sila,
- K – sila kidanja.



Ravnomerna deformacija



Lokalizovana deformacija



Izglede epruveta pre i posle razaranja



РАЗЛИЧИТИ ПРЕКИДИ ЕПРУВЕТА

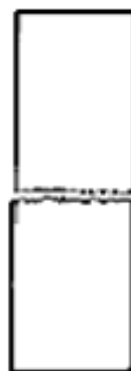
Različiti prekidi epruveta



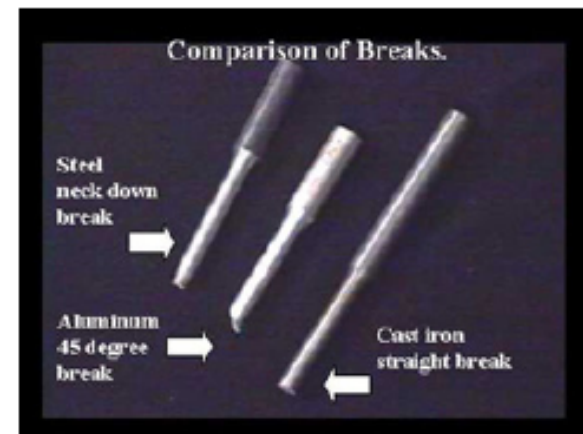
Aluminijum



Meki čelik



Liveno gvožđe



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