

## Preskusi gradiv

### Mehanski preskusi:

- trdnost (natezna, tlačna, upogibna, strižna in vzvojna)
- trdota
- žilavost
- trajnosti
- statični in dinamični
- v hladnem, vročem in podhlajenem stanju

### Fizikalno kemični preskusi:

- določanje fizikalnih lastnosti (toplotna in električna prevodnost, gostota, sposobnost magnetenja, razteznost, tališče, talilna toplota)
- določanje kemičnih lastnosti (sestava materiala, odpornost proti koroziji, ognju)

### Tehnološki preskusi:

- upogibni
- pločevine, žice, cevi
- livarski in kovaški
- v hladnem in vročem stanju

### Defektoskopija – preskusi brez okvare materiala:

- penetratski
- z magnetnim prahom
- induktivni
- ultrazvočni

### Metalografski preskusi:

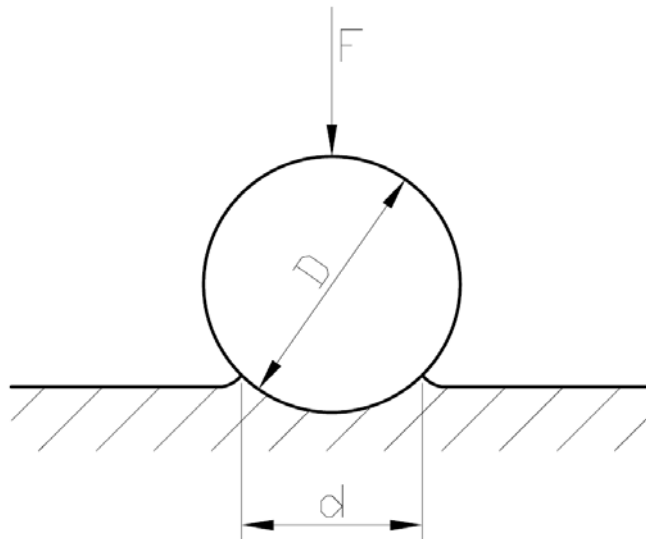
- optična in elektronska mikroskopija (ugotavljanje mikrostrukturnih lastnosti: vključki, razpoke, nehomogenosti, velikost in oblika kristalov)

# Trdota

Trdota je odpornost materiala proti prodiranju drugega tršega materiala v njegovo površino. Merjenje trdote pa potrebujemo za določitev lastnosti materialov katere testiramo, s tem pa lahko kasneje pri snovanju raznih predmetov izberemo material, ki je po njegovih lastnostih najbolj ustrezen za opravljanje zadanih nalog.

Poznamo več vrst merjenja trdote:

## 1. Preizkus trdote po Brinellu



Izračun:

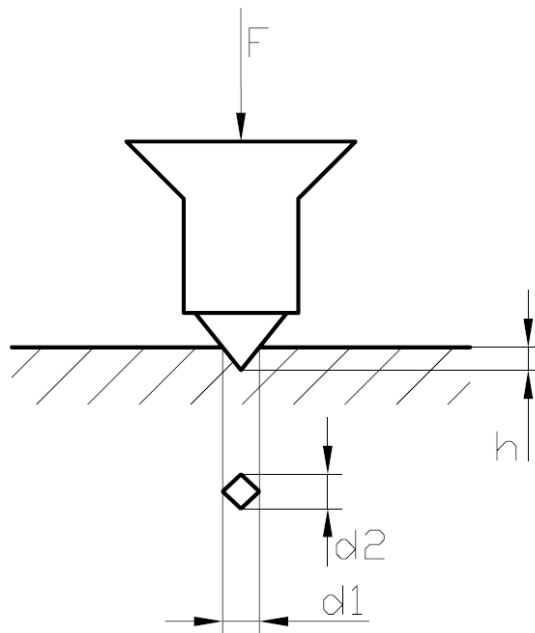
$$HB = \frac{0,102F}{A} = 0,102F \frac{2}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Preizkus:

Vzorec je metalografsko pripravljena medenina, katero smo s silo 10 kg obremenili za 10 sekund preko kroglice s premerom 1 milimeter. Izmerjen premer kalote je znašal 0,329 milimetra.

Trdota preizkušanca tako znaša 116,6 HB.

## 2. Preizkus trdote po Vickersu



Izračun:

$$HV = \frac{0,102F}{A} \quad A = \frac{d^2}{2 \sin(136^\circ/2)} \quad d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$HV \approx 0,1891 \frac{F}{d^2}$$

Minimalna debelina preizkušanca mora biti najmanj 1,5d.

Preizkus:

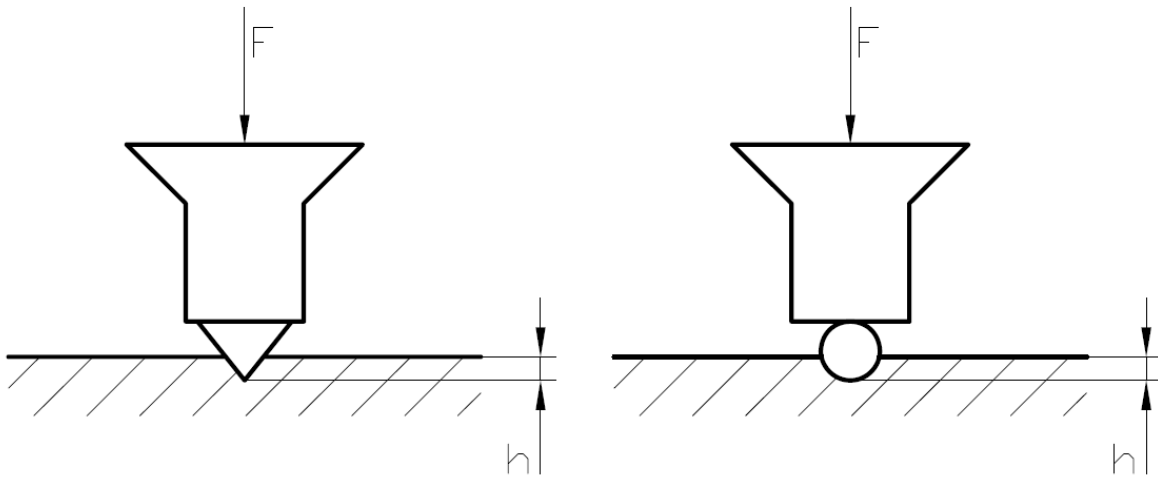
1. Vzorec je metalografsko pripravljeno jeklo, katerega smo s silo 10 kg obremenili za 15 sekund. Izmerjeni diagonali sta znašali 0,3 milimetra. Trdota preizkušanca je 210,2 HV.

2. Vzorec je metalografsko pripravljen silumin, katerega smo s silo 200 g obremenili za 15 sekund. Izmerjeni diagonali sta znašali 55,7 mikrometra.

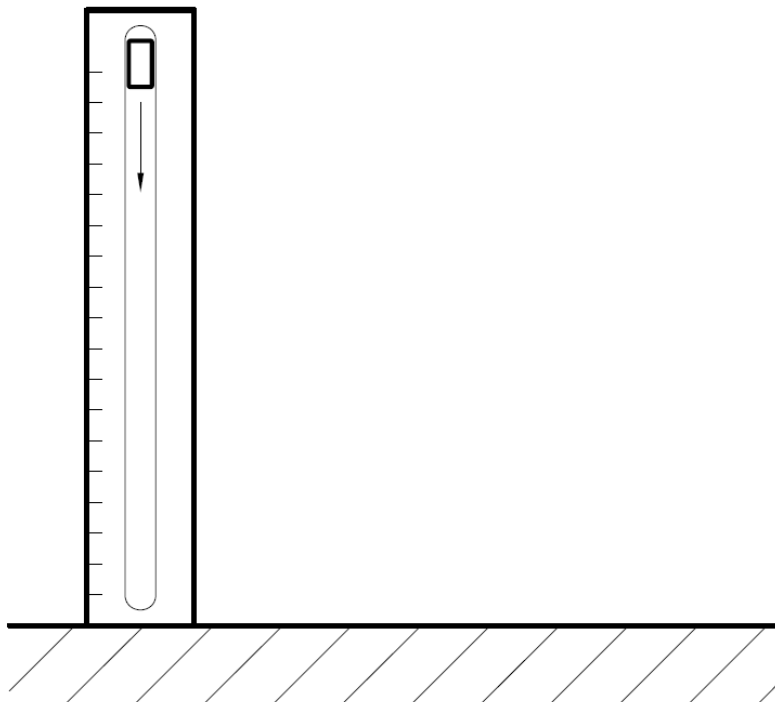
Trdota preizkušanca je 121,9 HV.

### 3. Trdota po Rockwellu

Za razliko od prejšnjih dveh metod preizkušanja pri preizkušanju po Rockwellu merimo globino vtisa in ne širino vtisa.

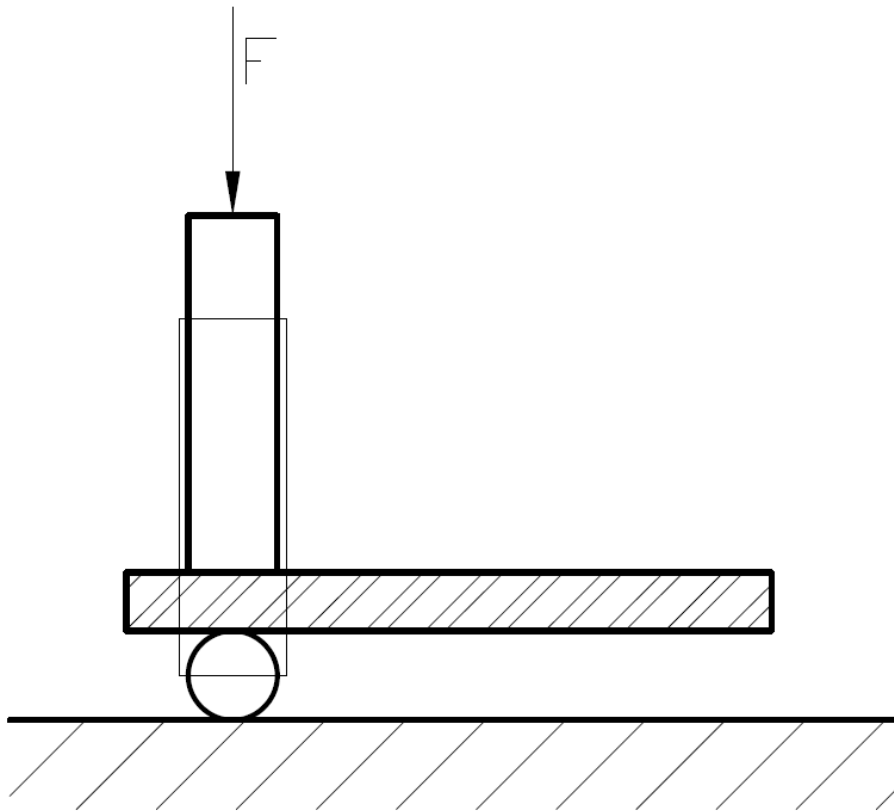


### 4. Trdota po Shoreu



Ker moramo kdaj izmeriti trdoto na terenu, ali pa površine ne smemo poškodovati, se v te namene uporablja preizkus po Shoreu. Ta preizkus meri odboj od površine preizkušanca, manjši kot je odboj večja je trdota preizkušanca.

## 5. Poldijevo kladivo

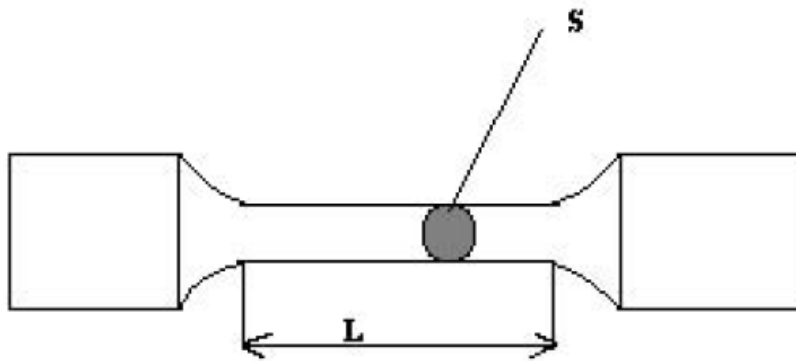


Še eden prenosni sistem za preizkušanje trdote je Poldijevo kladivo. Pri tem preizkusu primerjamo vgrez v preizkušanca ter primerjalnem materialu, kateri ima znano trdoto. Če je vgrez v preizkušancu večji kot v primerjalnem materialu, je preizkušanec manj trd kot primerjalni material in obratno.

# Natezni preizkusi

Za natezni preizkus potrebujemo preizkušance (preizkusne palice oz. epruvete), ki imajo različne oblike, in sicer glede na velikost in obliko razpoložljivega materiala, kakor tudi glede na vpenjalne čeljusti na nateznem (trgalnem) stroju.

## 1. Označbe dolžin in prerezov preizkušanca:



- $L_t$  – dolžina preizkušanca
- $L_c$  – preskusna dolžina
- $L_0$  – začetna merilna dolžina
- $L$  – merilna dolžina
- $L_u$  – končna merilna dolžina (po pretrgu)
- $S_0$  – začetni prerez
- $S$  – prerez preizkušanca
- $S_u$  – najmanjši prerez (po pretrgu)

## 2. Označbe veličin pri raztezanju in zoževanju:

Pri raztezanju veljajo označbe:

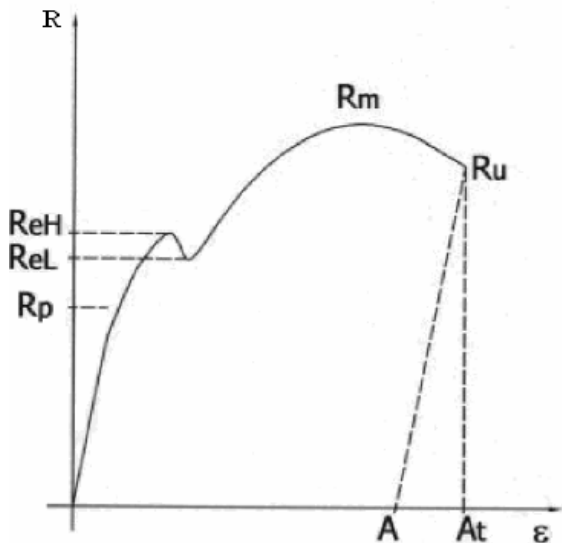
- |   |   |
|---|---|
| $\Delta L = L - L_0$                            | razteg (mm)                                 |
| $\Delta L_u = L_u - L_0$                        | razteg po pretrgu (mm)                      |
| $\varepsilon = (\Delta L / L_0) 100$            | raztezek (%)                                |
| $A = (\Delta L_u / L_0) 100$                    | razteznost - raztezek po pretrgu (%)        |
| $\Delta S = S_0 - S$                            | zožek ( $\text{mm}^2$ )                     |
| $\Delta S_u = S_0 - S_u$                        | največji zožek po pretrgu ( $\text{mm}^2$ ) |
| $Z = (\Delta S_u / S_0) 100$                    | zoženost - kontrakcija (%)                  |
| $R_m = F_m / S_0$                               | natezna trdnost ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )  |
| $R_p = F_p / S_0$<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | napetost tečenja - meja plastičnosti        |

### 3. Označbe sil $F$ in imenskih napetosti $R$ :

Diagram sile  $F$  v odvisnosti od raztezka  $\Delta L$  posnamemo neposredno na trgalnem stroju.

Imenske napetosti  $R$  so izražene s silo  $F$ , deljeno z začetnim prerezom  $S_0$ . V diagramu  $R(\epsilon)$  potekajo imenske napetosti  $R$  v odvisnosti  $\epsilon$  skladno z diagramom sile  $F$  v odvisnosti od raztega  $\Delta L$ .

### 4. Napetosti



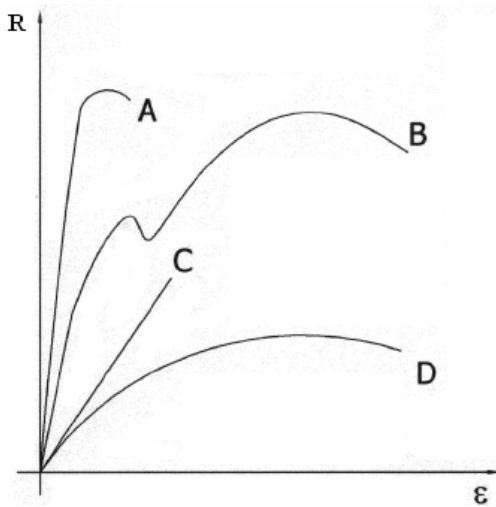
- $R_m$ .....natezna trdnost
- $R_u$ .....zlomna trdnost
- $R_{eH}$ .....zgornja meja naravnega tečenja
- $R_{eL}$ .....spodnja meja naravnega tečenja
- $R_p$ .....meja dogovorjenega tečenja
- $A_t$ .....skupna deformacija

Mejo dogovorjenega tečenja ( $R_p$ ) določimo tako, da na abscisni osi diagrama napetost-raztezek odčitamo deformacijo 0,2% in od tam vzpredno z linearnim področjem na diagramu potegnemo premico, dokler ne presekamo linije diagrama. Na presečišču je meja dogovorjenega tečenja.

Potek raztezanja v odvisnosti od napetosti je za različne materiale različen in zanje značilen. Tako po obliki diagrama  $R, \epsilon$  lahko razlikujemo materiale:

- Žilavi materiali – materiali se po začetnem elastičnem (linearnem) raztezanju, raztezajo do pretrga močno plastično, in sicer zvezno (baker) ali nezvezno s pojavom tečenja pri stalni napetosti (mehko jeklo)
- Krhki materiali - se po začetnem elastičnem raztezanju pretrgajo brez plastičnega raztezanja (siva litina)
- Plastični materiali – se samo neznatno elastično raztezajo (svinec) ali skoraj neelastično (asfalt)

Značilne krivulje:



- A – trdo jeklo
- B – mehko jeklo
- C – siva litina
- D – baker

Preizkus:

Meritve:

$d_0 = 4,0 \text{ mm}$ ,  $L_0 = 20,0 \text{ mm}$

Vrsta materiala	$d_u$ [mm]	$F_{\max}$ [kN]	$\Delta L_u$ [mm]
Jeklo C15	2,45	6,80	2,58
Baker Cu 93,7	2,05	3,30	2,7
Aluminij	2,70	3,70	3,8
Medenina CuZn40	3,30	5,70	2,15

1. Jeklo C 15:

$$A_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} = 12,56 \text{ mm}^2$$

$$S_u = \frac{\pi d_u^2}{4} = 4,71 \text{ mm}^2$$

$$DL_u = 2,58 \text{ mm}$$

$$F_p = 6390 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{F_m}{A_0} = \frac{6800 \text{ N}}{12,56 \text{ mm}^2} = 541 \text{ MPa}$$

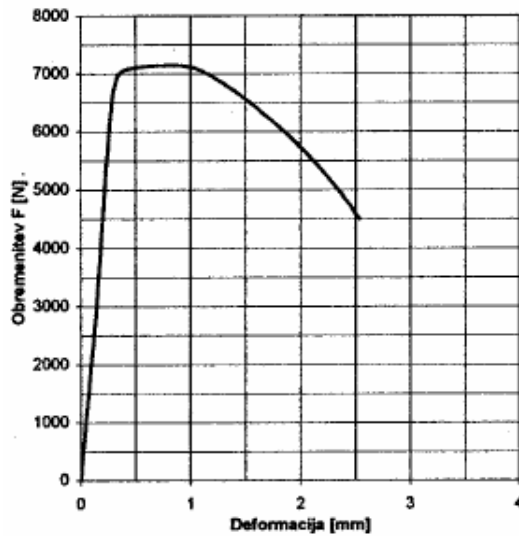
$$R_p = \frac{F_p}{A_0} = \frac{6390 \text{ N}}{12,56 \text{ mm}^2} = 509 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{DL_u}{L_0} * 100 = \frac{2,58 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} * 100 = 12,9\%$$

$$Z = \frac{A_0 - S_u}{A_0} * 100 = \frac{12,56 \text{ mm}^2 - 4,71 \text{ mm}^2}{12,56 \text{ mm}^2} * 100 = 62,5\%$$



Diagram:



2. Baker Cu 93,7:

$$A_0 = \frac{pd_0^2}{4} = 12,56 \text{ mm}^2$$

$$S_u = \frac{pd_u^2}{4} = 3,30 \text{ mm}^2$$

$$DL_u = 2,7 \text{ mm}$$

$$F_p = 3050 \text{ N}$$

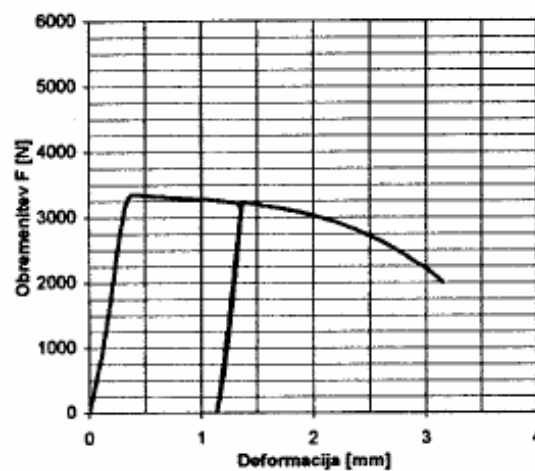
$$R_m = \frac{F_m}{A_0} = \frac{3300 \text{ N}}{12,56 \text{ mm}^2} = 263 \text{ MPa}$$

$$R_p = \frac{F_p}{A_0} = \frac{3050 \text{ N}}{12,56 \text{ mm}^2} = 242 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{DL_u}{L_0} * 100 = \frac{2,7 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} * 100 = 13,5\%$$

$$Z = \frac{A_0 - S_u}{A_0} * 100 = \frac{12,56 \text{ mm}^2 - 3,30 \text{ mm}^2}{12,56 \text{ mm}^2} * 100 = 73,8\%$$

Diagram:



### 3. Aluminij:

$$A_0 = \frac{pd_0^2}{4} = 12,56 \text{ mm}^2$$

$$S_u = \frac{pd_u^2}{4} = 5,73 \text{ mm}^2$$

$$DL_u = 3,8 \text{ mm}$$

$$F_p = 3180 \text{ N}$$

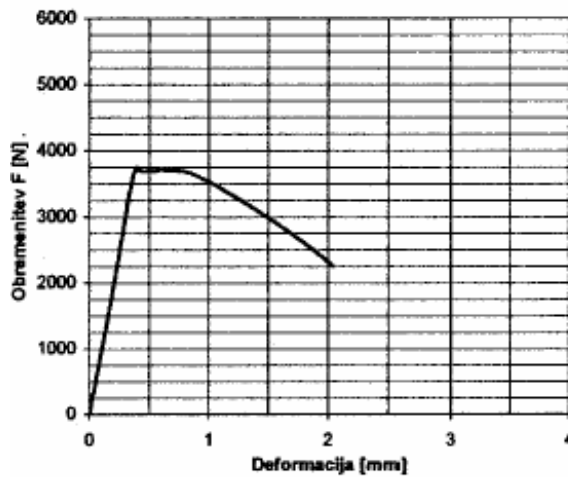
$$R_m = \frac{F_m}{A_0} = \frac{3700 \text{ N}}{12,56 \text{ mm}^2} = 295 \text{ MPa}$$

$$R_p = \frac{F_p}{A_0} = \frac{3180 \text{ N}}{12,56 \text{ mm}^2} = 253 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{DL_u}{L_0} * 100 = \frac{3,8 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} * 100 = 19,0 \%$$

$$Z = \frac{A_0 - S_u}{A_0} * 100 = \frac{12,56 \text{ mm}^2 - 5,73 \text{ mm}^2}{12,56 \text{ mm}^2} * 100 = 54,4 \%$$

Diagram:



### 4. Medenina CuZn40:

$$A_0 = \frac{pd_0^2}{4} = 12,56 \text{ mm}^2$$

$$S_u = \frac{pd_u^2}{4} = 8,55 \text{ mm}^2$$

$$DL_u = 2,15 \text{ mm}$$

$$F_p = 4550 \text{ N}$$

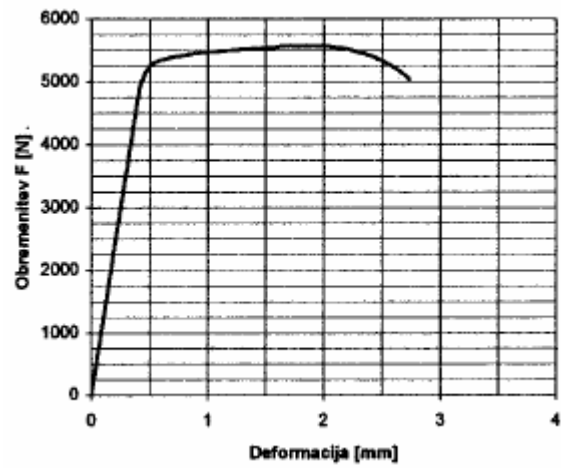
$$R_m = \frac{F_m}{A_0} = \frac{5700 \text{ N}}{12,56 \text{ mm}^2} = 454 \text{ MPa}$$

$$R_p = \frac{F_p}{A_0} = \frac{4550 \text{ N}}{12,56 \text{ mm}^2} = 362 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{DL_u}{L_0} * 100 = \frac{2,15 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} * 100 = 10,8 \%$$

$$Z = \frac{A_0 - S_u}{A_0} * 100 = \frac{12,56 \text{ mm}^2 - 8,55 \text{ mm}^2}{12,56 \text{ mm}^2} * 100 = 31,9 \%$$

Diagram:



# Testiranje žilavosti

## 1. Preizkus udarne žilavosti po Charpyju

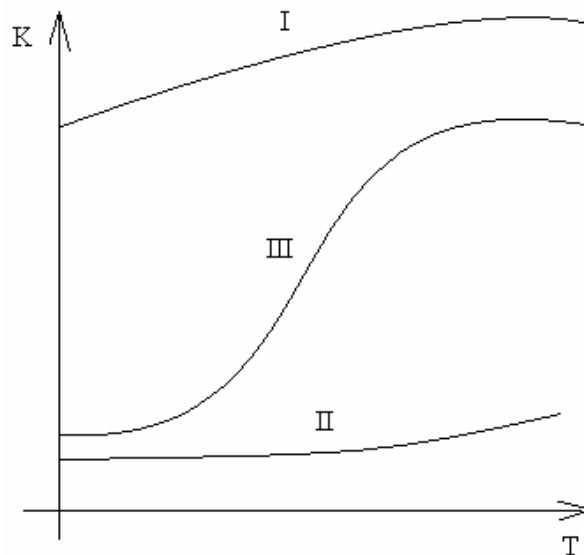
Standard: SIST EN 10045

Udarne žilavost nam da podatke o tem, kaj se zgodi, če nek element dinamično obremenimo.

Za udarni preizkus uporabljamo preskušane z zarezo. Z njim določamo žilavost gradiv pri udarcu. Preizkušane zlomimo z nihalnimi kladivom, ki pri padanju udari v sredino preskušance, prislonega ob podpori.

Udarne žilavost se ne splošno s temperaturo večja. V širokem temperaturnem območju so udarno zelo žilave kovine in zlitine, ki imajo kubično ploskovno centrirano rešetko – Al, Cu, Ni, avstenitno jeklo (I); neznatno žilave pa so krhke snovi – steklo, keramika, jekla z mnogo ogljika (II). Za navadna jekla (malo ogljika, malo legirana) pa je značilna velika odvisnost udarne žilavosti od temperature - pri višji so zelo žilava, pri nizki pa zelo krhka.

Graf odvisnosti žilavosti od temperature za različne materiale.



Preizkus:

Za testiranje smo uporabili epruvete iz jekla C45E.

Meritve:

Številka vzorca	Material	Stanje materiala	Udarno delo [J]
1.	C45E	Dobavno	9,0
2.	C45E	Kaljeno	0,02
3.	C45E	Poboljšano	15,2

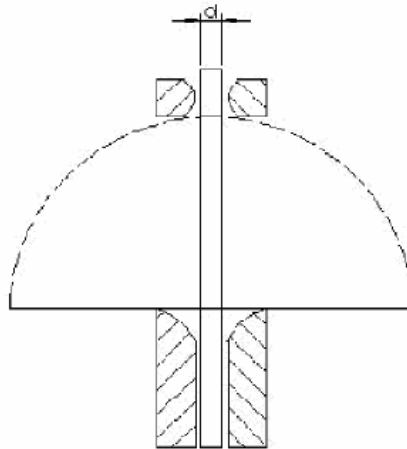
Kot vidimo, smo dobili pri različnih stanjih materiala zelo različno udarno delo, kar pomeni, da na to vpliva: velikost zrn, vrsta zrn, toplotna obdelava ...

## 2. Testiranje pregibnosti žice

Standard: SIST ISO 7800

V napravo vstavimo žico in jo nato enostransko ali pa obojestransko pregibamo, dokler se ne zlomi. Žico pregibamo prek valjev iz kaljenega jekla. Število vrtljajev žice do zloma je mera njene sposobnosti pri preizkusu z vzvojem. Hitrost pregibanja mora biti enakomerna (1 pregib na sekundo).

Slika:



Preizkus:

Uporabili smo dve različni žici (AlMg5, UP37) s premeroma  $d = 2\text{mm}$ , ki smo ju nato enostransko in obojestransko pregibali.

Meritve:

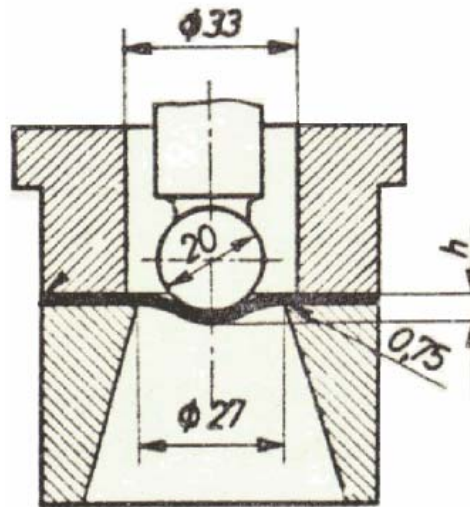
Vrsta žice	Enostransko pregibanje	Dvostransko pregibanje
AlMg5	32	21
UP37	25	16

### 3. Testiranje sposobnosti pločevine za globoki vlek.

Standard: ISO 8490

Sposobnost materiala za globoko vlečenje se preizkuša z vtiskanjem jeklene kroglice v pločevinast preskušavec. Za pločevine in trakove z debelino 2 mm se uporablja naprava po Erichsensu, ki jo sestavljajo: jeklena kroglica za vtiskavanje, matica in držalo pločevinastega preskušanca. Kroglica se počasi in enakomerno (hitrost okrog 0,1mm/s) vtiskuje v preskušavec do pojava prvih razpok.

Slika:



Preizkus:

Debelina pločevine je bila 1mm.

Po preizkusu smo izmerili globino, ki je znašala 11,63mm.

S povečevalnim steklom smo nato ugotovili, da ima pločevina srednjo zrnatost (zrna v velikosti 0,040 mm).