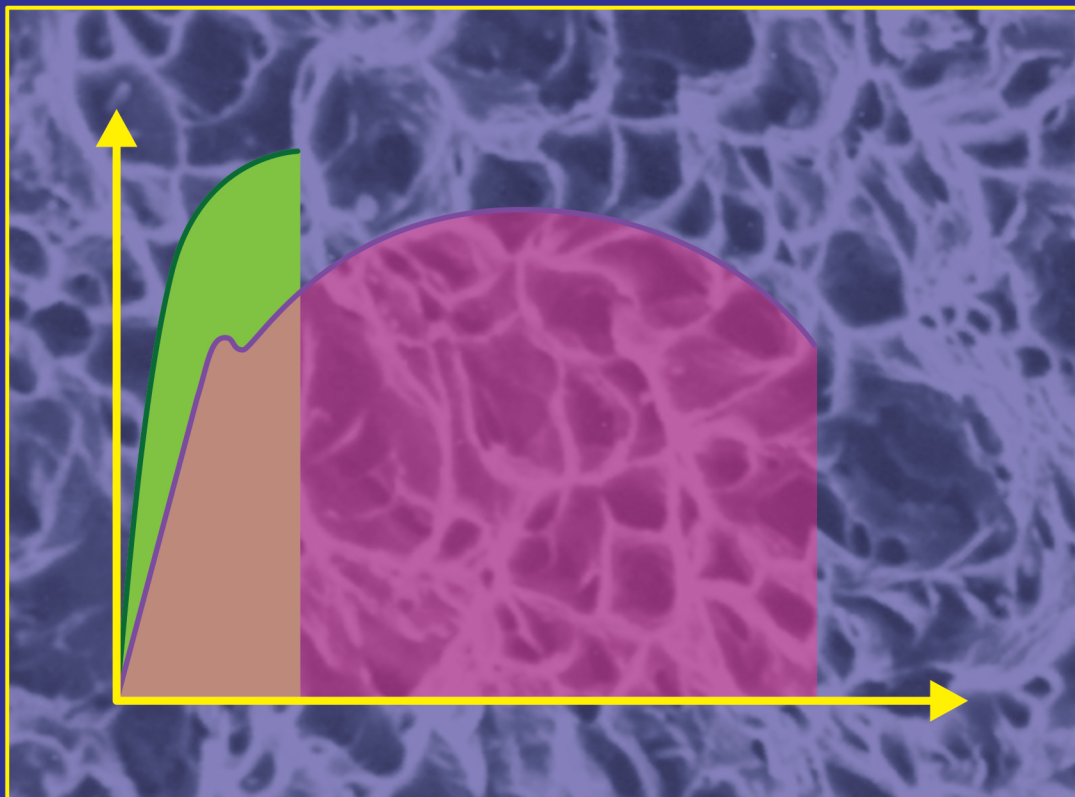


**Univerzitet u Beogradu  
Mašinski fakultet**

**Radica Prokić Cvetković, Zoran Radaković,  
Olivera Popović, Gordana Bakić, Miloš Đukić,  
Bratislav Rajičić, Nenad Milošević**

**MAŠINSKI MATERIJALI 1  
i  
MAŠINSKI MATERIJALI 2**

**Priručnik za laboratorijske vežbe**



**Beograd, 2021.**

UNIVERZITET U BEOGRADU  
MAŠINSKI FAKULTET



**MAŠINSKI MATERIJALI 1  
i  
MAŠINSKI MATERIJALI 2**

**PRAKTIKUM ZA LABORATORIJSKE VEŽBE**

Dr Radica Prokić Cvetković, red. prof.

Dr Zoran Radaković, red. prof.

Dr Gordana Bakić, van. prof.

Dr Olivera Popović, red. prof.

Dr Miloš Đukić, van. prof.

Bratislav Rajičić, dipl.inž.maš., MSc

Nenad Milošević, mast.inž.maš., MSc

Beograd  
2021.

Univerzitet u Beogradu  
Mašinski fakultet

Dr Radica Prokić Cvetković, red. prof.  
Dr Zoran Radaković, red. prof.  
Dr Gordana Bakić, van. prof.  
Dr Olivera Popović, red. prof.  
Dr Miloš Đukić, van. prof.  
Bratislav Rajčić, dipl. inž. maš., MSc  
Nenad Milošević, mast. inž. maš., MSc

**MAŠINSKI MATERIJALI 1 i MAŠINSKI MATERIJALI 2  
PRAKTIKUM ZA LABORATORIJSKE VEŽBE  
- II izdanje -**

Recenzenti:

Dr Aleksandar Sedmak, red. prof. u penziji  
Dr Vera Šijački Žeravčić, red. prof. u penziji

Izdavač:

*Univerzitet u Beogradu*  
*MAŠINSKI FAKULTET*  
Ul. Kraljice Marije br.16, Beograd  
tel. (011) 3370-760  
fax. (011) 3370-364  
www.mas.bg.ac.rs

Za izdavača:

Dekan, dr Radivoje Mitrović, red. prof.

Urednik:

Dr Milan Lečić, red. prof.  
Predsednik komisije za izdavačku delatnost  
Mašinskog fakulteta u Beogradu

Tiraž: 1300 primeraka

Štampanje II izdanja odobrila:  
Komisija za izdavačku delatnost  
Mašinskog fakulteta u Beogradu

i

Dekan Mašinskog fakulteta  
Odlukom br. 15/2021  
od 22.06.2021. godine

Štampa: "Planeta-print", 11000 Beograd  
www.planeta-print.rs

Beograd, 2021. godine

ISBN 978-86-6060-078-5

Ime i prezime studenta \_\_\_\_\_

Broj indeksa \_\_\_\_\_

<b>MAŠINSKI MATERIJALI 1</b>		
Vežba	Naziv vežbe	Overa
I	Ispitivanje tvrdoće – statičke metode	
II	Ispitivanje tvrdoće – dinamičke metode	
III	Ispitivanje žilavosti udarom – metoda Šarpi	
IV	Ispitivanje zatezanjem	
V	Ispitivanje pritiskom	
VI	Modul elastičnosti	
VII	Puzanje materijala	
VIII	Zamor materijala	
IX	Tehnološka ispitivanja	

<b>MAŠINSKI MATERIJALI 2</b>		
Vežba	Naziv vežbe	Overa
I	Metalografska ispitivanja – Dijagram stanja Fe-Fe <sub>3</sub> C	
II	Označavanje čelika	
III	Termičke obrade čelika	
IV	Ispitivanje prokaljivosti čelika	
V	Ispitivanja bez razaranja	
VI	Osnovni pojmovi u zavarivanju	
VII	Mehanička ispitivanja zavarenih spojeva	
VIII	Zavarljivost	

## Vežba br. 4

### Ispitivanje zatezanjem

Datum:

---

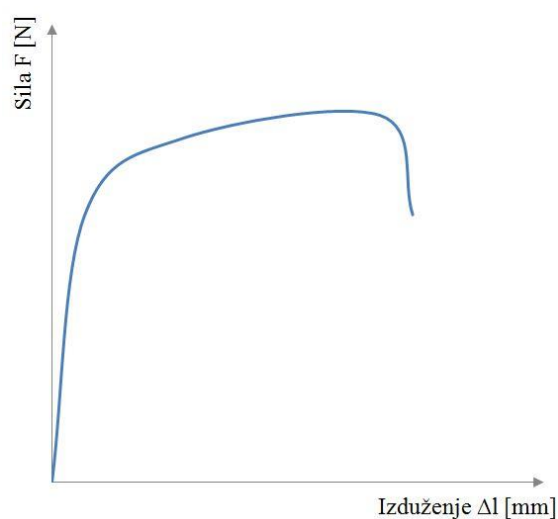
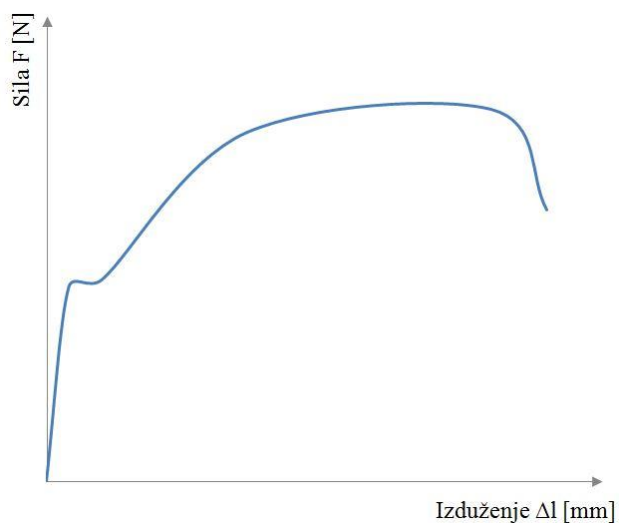
Potpis asistenta:

---

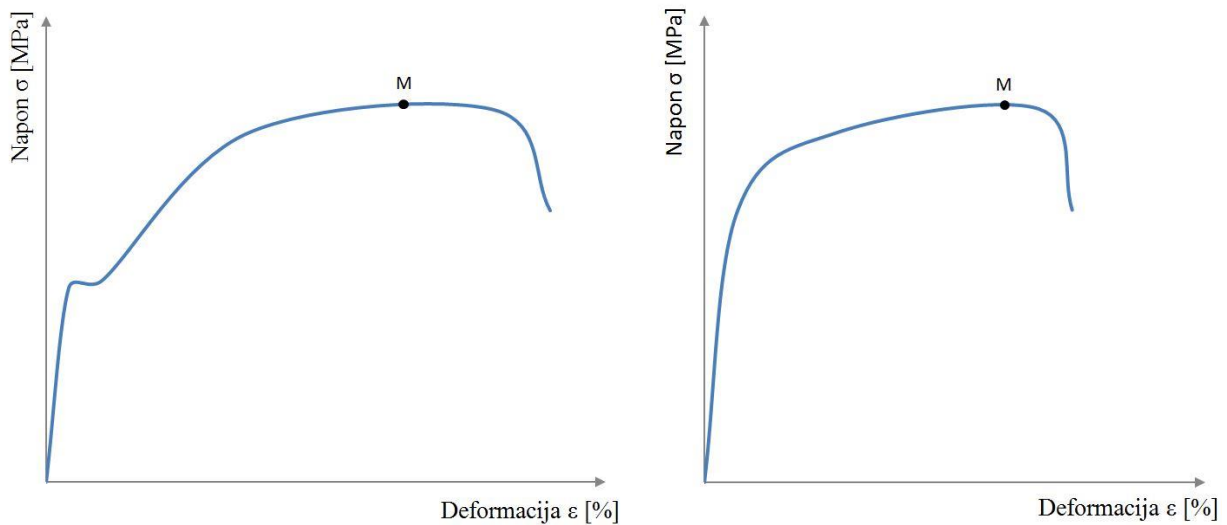
## Priprema za laboratorijsku vežbu

1. Koja svojstva otpornosti se određuju ispitivanjem zatezanjem? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Koja svojstva deformacije se određuju ispitivanjem zatezanjem? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Definirati napon tečenja. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Definirati zateznu čvrstoću. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. Čemu je jednako procentualno izduženje posle prekida? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. Čemu je jednako procentualno suženje poprečnog preseka posle prekida? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. Čemu je jednaka merna dužina epruvete posle prekida, ako je epruveta pre kidanja bila podeljena na 10 jednakih podeoka, a do loma je došlo unutar drugog podeoka?

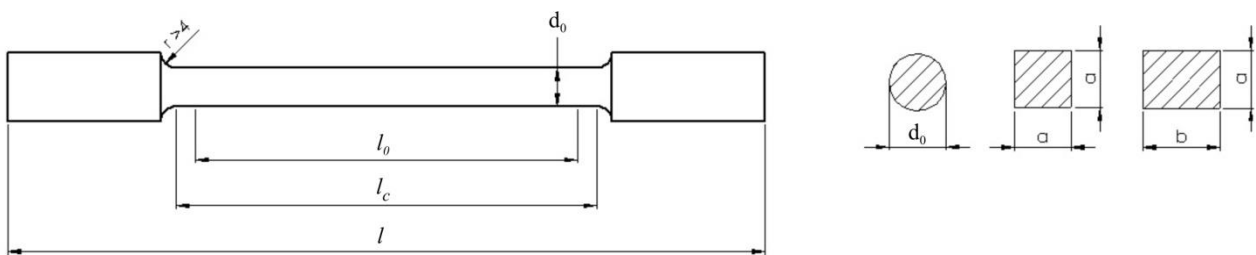
8. Na datim dijagramima obeležiti: silu na granici tečenja ( $F_e$  ( $F_{p0,2}$ )) i maksimalnu silu; ukupno, elastično i trajno izduženje u tački kidanja.



9. Na datim dijagramima obeležiti: napon tečenja ( $R_e$  ( $R_{p0,2}$ )) i zateznu čvrstoću; ukupnu, elastičnu i trajnu deformaciju u tački M.



10. Na slici 4.1 je prikazana epruveta za ispitivanje zatezanjem:



Slika 4.1. Epruveta za ispitivanje zatezanjem

U kom odnosu su  $l_0$ ,  $d_0$  i  $S_0$  kod:

1) proporcionalno dugih epruveta

- kružnog poprečnog preseka,  $l_0 = \underline{\hspace{2cm}}$

- kvadratnog ili pravougaonog poprečnog preseka,  $l_0 = \underline{\hspace{2cm}}$

2) proporcionalno kratkih epruveta

- kružnog poprečnog preseka,  $l_0 = \underline{\hspace{2cm}}$

- kvadratnog ili pravougaonog poprečnog preseka,  $l_0 = \underline{\hspace{2cm}}$

11. Definirati neproporcionalne epruvete. \_\_\_\_\_

12. Nacrtať dijagrame  $F-\Delta l$  za krt i plastičan materijal.

## Laboratorijska vežba: Ispitivanje materijala zatezanjem

Epruveta od datog materijala je ispitana zatezanjem, pri čemu je dobijen dijagram  $F-\Delta l$ , prikazan na sl. 4.2. Na datom dijagramu obeležiti karakteristične tačke i prikazati mesto gde je došlo do loma epruvete. Na osnovu dobijenih vrednosti odrediti svojstva otpornosti i svojstva deformacije i nacrtati dijagram napon-procentualno izduženje ( $\sigma-\varepsilon$ ), na sl. 4.3.

a) Materijal epruvete: \_\_\_\_\_

merna dužina  $l_0 =$  \_\_\_\_\_ mm; prečnik  $d_0 =$  \_\_\_\_\_ mm; površina preseka  $S_0 =$  \_\_\_\_\_ mm<sup>2</sup>

b) Materijal epruvete: \_\_\_\_\_

merna dužina  $l_0 =$  \_\_\_\_\_ mm; prečnik  $d_0 =$  \_\_\_\_\_ mm; površina preseka  $S_0 =$  \_\_\_\_\_ mm<sup>2</sup>

a) materijal \_\_\_\_\_;                      b) materijal \_\_\_\_\_;

Slika 4.2. Dijagram  $F-\Delta l$  ispitivanog materijala

Očitane vrednosti sila:

a) materijal \_\_\_\_\_

$F_e (F_{p0,2}) =$  \_\_\_\_\_ N

$F_m =$  \_\_\_\_\_ N

b) materijal \_\_\_\_\_

$F_e (F_{p0,2}) =$  \_\_\_\_\_ N

$F_m =$  \_\_\_\_\_ N

Na skici merne dužine epruvete obeležiti mesto loma i odrediti krajnju mernu dužinu epruvete posle kidanja.

a) materijal \_\_\_\_\_

$l_u =$  \_\_\_\_\_ mm

b) materijal \_\_\_\_\_

$l_u =$  \_\_\_\_\_ mm



**Svojstva otpornosti** ispitivanog materijala su:

a) materijal \_\_\_\_\_;

- napon tečenja  $R_e$  ( $R_{p0,2}$ ) = \_\_\_\_\_ =

- zatezna čvrstoća  $R_m$  = \_\_\_\_\_ =

b) materijal \_\_\_\_\_;

- napon tečenja  $R_e$  ( $R_{p0,2}$ ) = \_\_\_\_\_ =

- zatezna čvrstoća  $R_m$  = \_\_\_\_\_ =

**Svojstva deformacije** ispitivanog materijala su:

a) materijal \_\_\_\_\_;

- izduženje posle prekida (%):

$A$  = \_\_\_\_\_ =

- suženje poprečnog preseka epruvete posle prekida (%):

$Z$  = \_\_\_\_\_ =

b) materijal \_\_\_\_\_;

- izduženje posle prekida (%):

$A$  = \_\_\_\_\_ =

- suženje poprečnog preseka epruvete posle prekida (%):

$Z$  = \_\_\_\_\_ =

a) materijal \_\_\_\_\_;

b) materijal \_\_\_\_\_;

Slika 4.3. Dijagram  $\sigma$ - $\varepsilon$  ispitivanog materijala

Objasniti kakav je izgled površine preloma na pokidanoj epruveti:

a) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Laboratorijska vežba:** Određivanje modula elastičnosti (zatezanjem)

Odrediti modul elastičnosti ako su poznati sledeći uslovi:

- materijal: \_\_\_\_\_
- početna merna dužina epruvete,  $l_0 =$  \_\_\_\_\_ mm
- početni prečnik epruvete,  $d_0 =$  \_\_\_\_\_ mm
- početna površina poprečnog preseka,  $S_0 = \frac{d_0^2 \pi}{4} =$  \_\_\_\_\_ mm<sup>2</sup>
- karakteristika ekstenzometra,  $k =$  \_\_\_\_\_
- modul elastičnosti,  $E_i = \frac{\Delta F_i}{S_0} \cdot \frac{l_0}{\Delta l_i}$

Sila zatezanja (N)	Broj podeoka na ekstenzometru				$\frac{\Delta l' + \Delta l''}{2k}$ (mm)	$E_i \times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	Dijagram sila-izduženje
	levom	$\Delta l'$	desnom	$\Delta l''$			
I serija ispitivanja							
Srednja vrednost							
II serija ispitivanja							
Srednja vrednost							
Srednja vrednost modula elastičnosti							
$E = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2} = \quad \quad \quad \times 10^5 \text{ MPa}$							

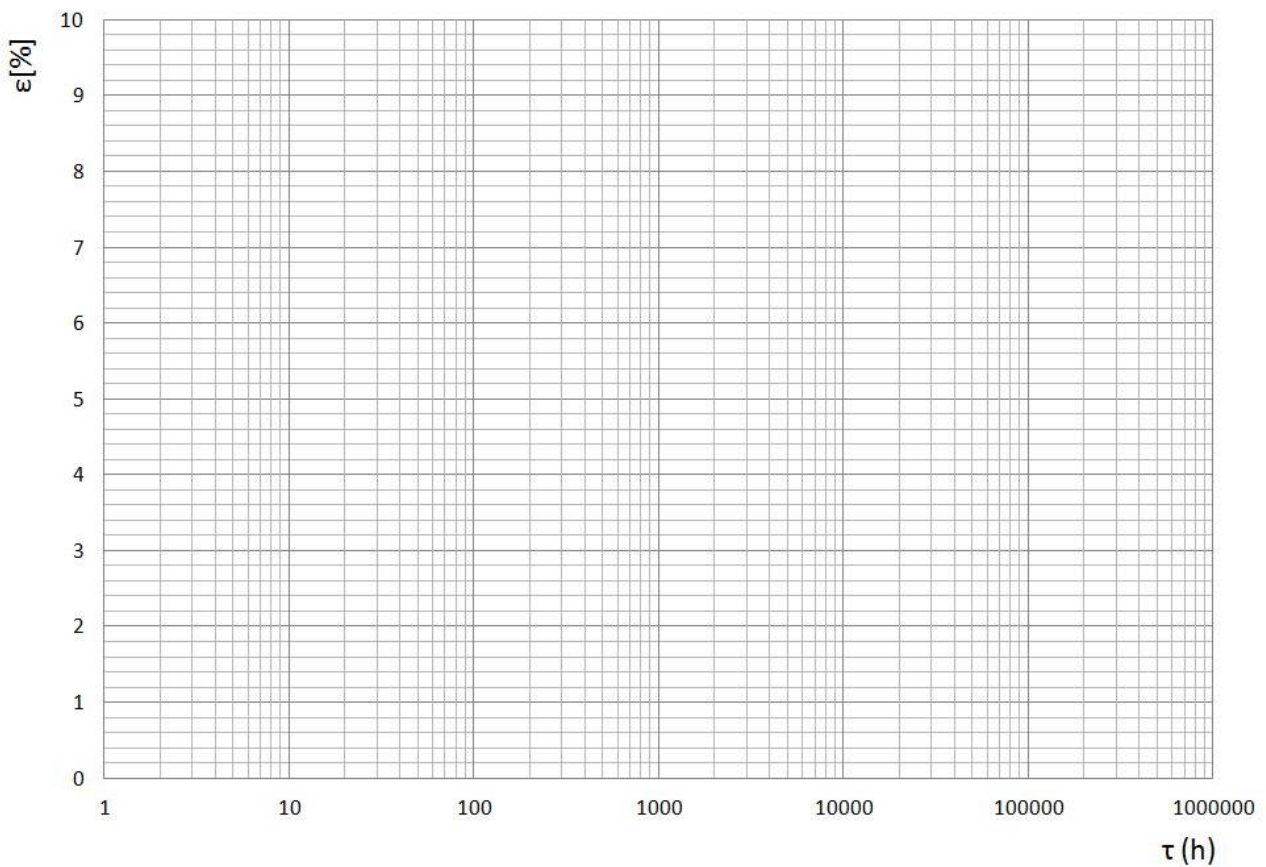
## Priprema za laboratorijsku vežbu

1. Definirati puzanje. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Da li su naponi pri kojima se odvija puzanje materijala viši ili niži od napona tečenja? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. U kom koordinatnom sistemu se crta dijagram koji se koristi za opisivanje procesa puzanja materijala? \_\_\_\_\_
4. Navesti konstantne parametre za koje se crta jedan dijagram puzanja. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. U opštem slučaju, koliko stadijuma razlikujemo na dijagramu puzanja i koji su? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. Skicirati i označiti dijagram puzanja za materijal koji ima tri stadijuma.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
7. Šta je karakteristično za drugi stadijum puzanja? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
8. U praksi, do kada se koriste materijali izloženi puzanju? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
9. Kako se izračunava brzina puzanja u drugom stadijumu? \_\_\_\_\_

## Laboratorijska vežba: Puzanje

Na osnovu podataka u donjoj tabeli – relativnog procentualnog izduženja i odgovarajućeg vremena, dobijenih eksperimentalno tokom dugotrajnog izlaganja epruvete od toplotno postojanog čelika na temperaturi od 570°C i naponu od 43,7 MPa, nacrtati krivu puzanja i odrediti brzinu puzanja u drugom stadijumu.

$\varepsilon$ (%)										
$\tau$ (h)										

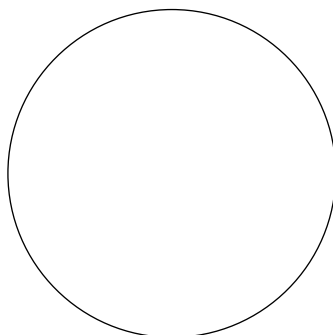


$$v_p = \frac{\varepsilon}{\tau} = \frac{\%}{h}$$

## Priprema za laboratorijsku vežbu

1. Definirati dinamička opterećenja. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Navesti bar tri tipa kombinovanih opterećenja. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Definirati ukupni napon koji deluje kod dinamičkih opterećenja. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Da li je ukupni napon veći ili manji od napona tečenja materijala? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. Kako se dobija Velerova kriva i u kom koordinatnom sistemu se crta? Skicirati. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Definirati trajnu dinamičku čvrstoću. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. Definirati zamor. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
8. Ucrtati zamorni lom sa jasno izraženim i označenim oblastima statičkog i dinamičkog loma.



Vežba br. 1

Metalografska ispitivanja  
Dijagram stanja Fe – Fe<sub>3</sub>C

Datum:

---

Potpis asistenta:

---

## Priprema za laboratorijsku vežbu

1. Nacrtati i obeležiti metastabilni dijagram stanja Fe – Fe<sub>3</sub>C. Pored dijagrama stanja skicirati krive hlađenja za legure koje sadrže \_\_\_\_\_%C i \_\_\_\_\_%C.

2. Kako se menja kristalna rešetka železa sa porastom temperature? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Definisati sledeće pojmove:

a) Ferit ( $\alpha$ ) je \_\_\_\_\_

b) Austenit ( $\gamma$ ) je \_\_\_\_\_

c) Cementit (Fe<sub>3</sub>C) je \_\_\_\_\_

d) Perlit je \_\_\_\_\_

e) Ledeburit je \_\_\_\_\_

4. Napisati sledeće reakcije:

a) eutektička reakcija: \_\_\_\_\_

b) eutektoidna reakcija: \_\_\_\_\_

5. Čelici su \_\_\_\_\_

6. Gvožđa su \_\_\_\_\_

**Laboratorijska vežba: Metalografska ispitivanja i dijagram stanja Fe – Fe<sub>3</sub>C**

1. Koristeći metastabilni dijagram stanja Fe – Fe<sub>3</sub>C nacrtati krive hlađenja za leguru sa:

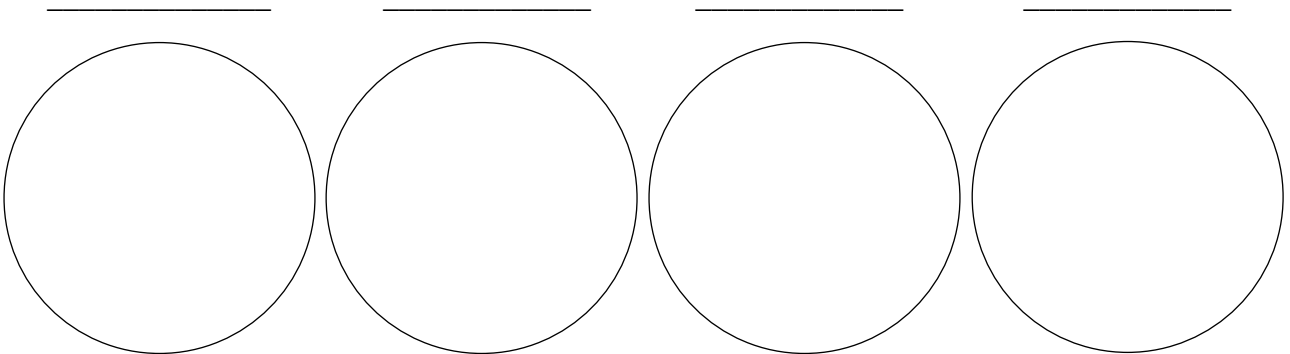
a) \_\_\_\_\_ %C; b) \_\_\_\_\_ %C.

2. Izračunati procentualni udeo faza u legurama sa:

a) \_\_\_\_\_ %C, na T = \_\_\_\_\_ °C;

b) \_\_\_\_\_ %C, na T = \_\_\_\_\_ °C

3. Skicirati sledeće mikrostrukture:





## Laboratorijska vežba: Ispitivanje prokaljivosti čelika

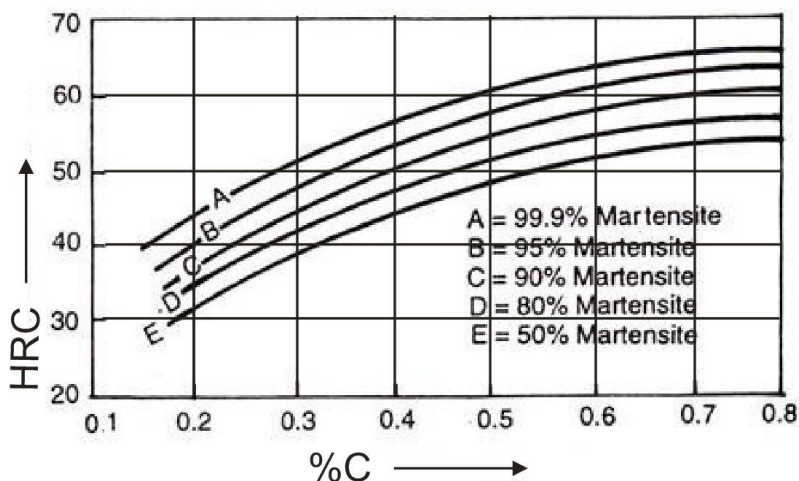
Džomini epruveta od čelika, sa sadržajem ugljenika od \_\_\_\_\_ %C, zagrevana u peći do \_\_\_\_\_ min, do temperature \_\_\_\_\_ °C, a zatim čeono hladena. Naspramne strane epruvete su izbrušene, nakon čega je izmerena tvrdoća metodom Rokvel C.

Dobijene vrednosti tvrdoće date su u sledećoj tabeli:

Rastojanje od čela, $d$ (mm)										
HRC										

Na osnovu podataka iz gornje tabele i priloženog dijagrama na sl. 4.1, nacrtati krivu prokaljivosti (sl. 4.2); odrediti rastojanje od čela epruvete i napisati odgovarajući indeks prokaljivosti, ako je:

- postignuta tvrdoća polumartenzitne strukture,
- postignuta tvrdoća sa sadržajem martenzita od \_\_\_\_\_ %.



Slika 4.1. Promena tvrdoće čelika u zavisnosti od %C pri različitim sadržajima martenzita

Slika 4.2. Kriva prokaljivosti čelika

a)  $d =$  \_\_\_\_\_

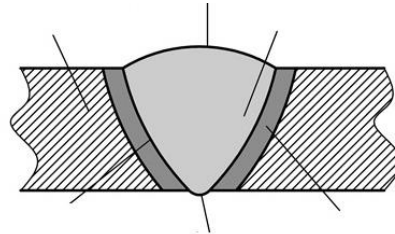
b)  $d =$  \_\_\_\_\_

indeks prokaljivosti \_\_\_\_\_

indeks prokaljivosti \_\_\_\_\_

3. Zavarivanje je \_\_\_\_\_
4. Zavareni spoj (ZS) je \_\_\_\_\_

Na sl.6.1 upisati nazive osnovnih elemenata ZS:



Slika 6.1. Sučioni zavareni spoj

5. Metal šava (MŠ) nastaje \_\_\_\_\_
6. Šta je ZUT? Napisati pun naziv i definiciju. \_\_\_\_\_
7. Lice šava je \_\_\_\_\_  
a naličje šava je \_\_\_\_\_
8. Nadvišenje je \_\_\_\_\_
9. Uvar je \_\_\_\_\_
10. Skicirati sledeće ZS u zavisnosti od njihovog međusobnog položaja.

Vrsta ZS	Tip ZS	Skica ZS
Sučioni	V	
	X	
Ugaoni	T-spoj	
	Preklopni	
	Rubni (Ivični)	
	Krstasti	
Naležuci		
Prirubni		

## Laboratorijska vežba: Odabrani postupci zavarivanja

### 1. E postupak

a) Napisati pun naziv i standardnu oznaku postupka: \_\_\_\_\_

b) Skicirati šemu E postupka zavarivanja.

c) Popuniti tabelu podacima sa lab.vežbe:

DM* (vrsta obloge i prečnik)	Vrsta struje i polaritet	Jačina struje (A)	Materijal

\* DM – dodatni materijal;

d) Po čemu se razlikuju navedene vrste DM? \_\_\_\_\_

CIP – Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

620.1:621(075.8)(076.1)

621.791(075.8)(076.1)

**MAŠINSKI materijali 1** ; i Mašinski materijali 2 : praktikum za laboratorijske vežbe / Radica Prokić Cvertković ... [et al.]. - 2. izd. - Beograd: Univerzitet, Mašinski fakultet, 2021 (Beograd : Planeta print). – 75 str. : ilustr. ; 30 cm

Tiraž 1.300.

ISBN 978-86-6060-078-5

1. Прокић-Цветковић, Радица, 1965- [аутор]

а) Машински материјали -- Испитивање – Вежбе

б) Заваривање -- Вежбе

COBISS.SR-ID 42000393