

**Slobodan Stojadinović  
Eleonora Desnica  
Jasmina Pekez**

# **OSNOVI PROIZVODNIH TEHNOLOGIJA**

**UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TF „MIHAJLO PUPIN“  
ZRENJANIN, 2012**

**Prof. dr Slobodan Stojadinović**  
**Doc.dr Eleonora Desnica**  
**Mr Jasmina Pekez**

# **OSNOVI PROIZVODNIH TEHNOLOGIJA**

**163**

**2011/2012**

**Biblioteka udžbenici**

**Univerzitet u Novom Sadu  
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“  
Zrenjanin, 2012. god.**

**Prof. dr Slobodan Stojadinović**  
**Doc.dr Eleonora Desnica**  
**Mr Jasmina Pekez**

# **OSNOVI PROIZVODNIH TEHNOLOGIJA**

Izdavač: Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet  
„Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu

Recenzenti: 1. Prof. dr Miroslav Lambić  
Tehnički Fakultet „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu  
2. Prof. dr Živoslav Adamović  
Tehnički Fakultet „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu

Računarska obrada: Dr Eleonora Desnica  
Mr Jasmina Pekez

Tiraž: 200 primeraka

Štampa: Grafopanonija, Zrenjanin

Format: B5

Na sednici Naučno - nastavnog veća Tehničkog fakulteta „Mihajlo Pupin“ iz Zrenjanina, održanoj 23.11.2011., doneta je odluka da se udžbenik OSNOVI PROIZVODNIH TEHNOLOGIJA štampa za potrebe studenata.

CIP – Каталогизација у публикацији  
Библиотека Матице српске, Нови Сад

66.02 (075.8)

СТОЈАДИНОВИЋ, Слободан

Osnovi proizvodnih tehnologija / Slobodan Stojadinović,  
Eleonora Desnica, Jasmina Pekez. - Zrenjanin: Tehnički  
fakultet »Mihajlo Pupin«, 2012 (Zrenjanin: Grafopanonija).  
– 324 str.: ilustr.; 24 cm. - (Biblioteka Udžbenici /  
Tehnički fakultet »Mihajlo Pupin«, Zrenjanin; 163)

Tiraž 200. – Bibliografija uz svako poglavlje. - Registar

ISBN 978-86-7672-155-9

1. Десница, Елеонора (аутор) 2. Пекез, Јасмина (аутор)

а) Технолошки процеси

COBISS. SR-ID 271109895

## SADRŽAJ

<b>PREDGOVOR</b> .....	5
<b>1. OSNOVI MATERIJALA</b> .....	7
<b>1.1. Materijali i njihova agregatna stanja</b> .....	7
1.1.1. Gasovito stanje.....	8
1.1.2. Tečno stanje.....	8
1.1.3. Čvrsto stanje.....	9
1.1.4. Plazmeno stanje.....	9
<b>1.2. Vrste materijala</b> .....	10
<b>1.3. Struktura materijala</b> .....	13
1.3.1. Struktura atoma.....	13
1.3.2. Hemijske veze između čestica.....	16
1.3.3. Polimorfizam.....	19
<b>1.4. Oblici strukture materijala</b> .....	20
1.4.1. Kristalna struktura.....	20
1.4.2. Amorfna struktura.....	24
1.4.3. Mikrostruktura.....	24
1.4.4. Makrostruktura.....	26
<b>1.5. Greške kristalne strukture</b> .....	27
<b>1.6. Polikristalni materijali i energija</b> .....	29
<b>1.7. Dijagrami stanja</b> .....	33
1.7.1. Osnovni pojmovi i njihove definicije.....	33
1.7.2. Dijagram stanja sistema sa jednom komponentom.....	35
1.7.3. Dijagram stanja sistema sa dve komponente.....	39
<b>1.8. Dijagram stanja željeza i ugljenika</b> .....	47
1.8.1. Polimorfne modifikacije željeza.....	47
1.8.2. Dijagram stanja Fe-Fe <sub>3</sub> C.....	48
<b>1.9. Deformacije i naprezanja</b> .....	51
1.9.1. Elastična i plastična deformacija.....	51
1.9.2. Epruvete za ispitivanje.....	53
1.9.3. Parametri deformacije, nominalno i stvarno naprezanje.....	54
<b>1.10. Klasifikacija postupaka oblikovanja i obrade materijala</b> .....	58
<b>1.11. Literatura</b> .....	60
<b>2. OSNOVI LIVENJA METALA</b> .....	61
<b>2.1. Osnovi proizvodnje sirovog gvožđa u visokoj peći</b> .....	61
2.1.1. Sivo, belo i legirano liveno gvožđe.....	66
<b>2.2. Osnovi proizvodnje čelika</b> .....	70
2.2.1. Proizvodnja čelika iz sirovog gvožđa.....	70
2.2.2. Proizvodnja čelika u konvertoru.....	72
2.2.3. Kontinuirano livenje i kristalizacija rastopa čelika.....	74
<b>2.3. Peći za topljenje metala</b> .....	77
2.3.1. Materijali za ozid metalurških peći.....	79
<b>2.4. Osnovi livenja obojenih i lakih metala</b> .....	80
2.4.1. Livenje u kalupe od mešavine.....	81
2.4.2. Ulivni sistem.....	86
2.4.3. Livenje u kalupima od školjki.....	88
2.4.4. Precizno livenje.....	89
2.4.5. Livenje u kokilama.....	91

2.4.6. Premazi za kokile i uslovi rada kokile.....	94
2.4.7. Livenje pod pritiskom.....	101
2.4.8. Centrifugalno livenje.....	102
2.4.9. Livenje pod niskim pritiskom.....	103
2.4.10. Kontinuirano i polukontinuirano livenje.....	106
<b>2.5. Livenje legura aluminijuma.....</b>	<b>110</b>
<b>2.6. Formiranje kristalne strukture u odlivcima.....</b>	<b>114</b>
<b>2.7. Temperaturni naponi u odlivcima.....</b>	<b>119</b>
<b>2.8. Literatura.....</b>	<b>122</b>
<b>3. OSNOVI PLASTIČNE DEFORMACIJE METALA.....</b>	<b>123</b>
3.1. Uvod.....	123
<b>3.2. Uslovi nastanka plastične deformacije i parametri obradivosti.....</b>	<b>128</b>
3.2.1. Plastična deformacija metala i uslovi njenog nastanka.....	128
3.2.2. Parametri obradivosti.....	132
3.2.3. Brzina deformacije i brzina deformisanja.....	134
<b>3.3. Granica tečenja i neprezanje tečenja.....</b>	<b>135</b>
<b>3.4. Termomehanički režim deformacije.....</b>	<b>136</b>
<b>3.5. Kontaktno trenje.....</b>	<b>137</b>
<b>3.6. Deformaciona sila.....</b>	<b>139</b>
<b>3.7. Deformacioni rad.....</b>	<b>140</b>
<b>3.8. Mehanička šema deformacija.....</b>	<b>142</b>
3.8.1. Šeme glavnih naprezanja i deformacija.....	142
3.8.2. Korelacija tehnoloških postupka plastične prerade metala i mehaničke šeme deformacija.....	144
<b>3.9. Faktori plastične anizotropije.....</b>	<b>145</b>
<b>3.10. Valjanje.....</b>	<b>148</b>
3.10.1. Sastav valjaonice.....	149
3.10.2. Vrste valjačkih stanova.....	150
3.10.3. Razmeštaj valjačkih stanova.....	153
3.10.4. Vrste valjanih proizvoda.....	154
<b>3.11. Presovanje istiskivanjem ili ekstrudiranjem.....</b>	<b>157</b>
3.11.1. Oblast primene procesa presovanja.....	158
3.11.2. Postupci presovanja.....	158
3.11.3. Prese.....	160
3.11.4. Presefekati.....	162
<b>3.12. Izvlačenje ili vučenje.....</b>	<b>163</b>
3.12.1. Oblast primene izvlačenja.....	163
3.12.2. Polazni materijal za izvlačenje.....	164
3.12.3. Postupci izvlačenja, ili vučenja.....	164
3.12.4. Upoređivanje izvlačenja sa drugim postupcima prerade metala u plastičnom stanju.....	168
3.12.5. Brzina izvlačenja.....	169
3.12.6. Specifična sila i parametri izvlačenja.....	171
<b>3.13. Kovanje.....</b>	<b>172</b>
3.13.1. Osnovne karakteristike i specifičnosti kovanja.....	172
<b>3.14. Savijanje.....</b>	<b>175</b>
3.14.1. Osnovne karakteristike i vrste savijanja.....	175

<b>3.15. Mašine za obradu plastičnom deformacijom</b> .....	178
3.15.1. Makaze.....	178
3.15.2. Prese.....	179
3.15.3. Čekići.....	181
<b>3.16. Literatura</b> .....	184
<b>4. OSNOVI TERMIČKE I HEMIJSKO -TERMIČKE OBRADJE</b> .....	185
<b>4.1. Osnovi termičke obrade čelika</b> .....	185
4.1.1. Homogenizacija.....	186
4.1.2. Normalizacija.....	186
4.1.3. Kaljenje.....	189
4.1.4. Pobjljanje.....	190
4.1.5. Izotermalno razlaganje.....	191
4.1.6. Meko žarenje.....	192
4.1.7. Površinsko kaljenje.....	194
<b>4.2. Termičko taloženje (starenje)</b> .....	197
<b>4.3. Disperzno ojačavanje</b> .....	201
<b>4.4. Ojačavanje disperznim česticama sekundarnih faza</b> .....	201
<b>4.5. Kombinovana obrada</b> .....	208
4.5.1. Termo-mehanička obrada.....	208
4.5.2. Mehaničko-termička obrada.....	209
<b>4.6. Hemijsko-termička obrada</b> .....	209
4.6.1. Cementacija (karbonizacija).....	210
4.6.2. Nitiranje.....	213
4.6.3. Karbonitriranje.....	213
4.6.4. Nikotiranje.....	214
4.6.5. Meko nitiranje.....	214
4.6.6. Difuziona metalizacija.....	214
<b>4.7. Literatura</b> .....	216
<b>5. OSNOVI OBRADJE METALA REZANJEM</b> .....	217
<b>5.1. Uvod</b> .....	217
<b>5.2. Osnovni elementi mašina alatki</b> .....	217
<b>5.3. Mašine za obradu rezanjem</b> .....	219
<b>5.4. Karakteristike mašina alatki</b> .....	226
<b>5.5. Osnovna kretanja pri obradi rezanjem</b> .....	227
<b>5.6. Osnovni princip rezanja</b> .....	229
<b>5.7. Proces formiranja strugotine</b> .....	230
<b>5.8. Osnovni elementi reznog alata</b> .....	234
<b>5.9. Pokazatelji obrade rezanjem</b> .....	236
5.9.1. Otpori rezanja.....	236
5.9.2. Snaga rezanja.....	238
5.9.3. Brzina rezanja.....	239
<b>5.10. Habanje</b> .....	240
5.10.1. Osnovna obeležja.....	240
5.10.2. Habanje elemenata mašina.....	241
5.10.3. Trošenje reznog alata.....	244
5.10.4. Postojanost alata.....	246
<b>5.11. Vrste priprema</b> .....	248

<b>5.12. Dodaci za obradu</b> .....	248
<b>5.13. Kvalitet i tačnost obrade rezanjem</b> .....	249
5.13.1. Kvalitet izratka.....	249
5.13.2. Kvalitet obrade.....	250
5.13.3. Kvalitet obrađene površine.....	252
<b>5.14. Svojstva površinskog sloja</b> .....	256
<b>5.15. Greške obrade</b> .....	257
<b>5.16. Literatura</b> .....	260
<b>6. OSNOVI MAŠINSKIH ELEMENATA</b> .....	261
<b>6.1. Uvod</b> .....	261
<b>6.2. Zavrtnji</b> .....	262
6.2.1. Standardni profil navoja.....	262
6.2.2. Zavrtnji IV grupe.....	263
<b>6.3. Klinovi</b> .....	268
6.3.1. Uzdužni klinovi.....	268
<b>6.4. Elementi za prenos snage</b> .....	276
<b>6.5. Kaišni prenosnik</b> .....	278
<b>6.6. Zupčanici</b> .....	280
6.6.1. Zupčanici za paralelna vratila.....	282
6.6.2. Zupčanici za vratila čije se ose seku.....	284
6.6.3. Pužni parovi.....	284
6.6.4. Materijal za izradu zupčastih parova.....	285
<b>6.7. Reduktori</b> .....	286
6.7.1. Podela reduktora.....	287
6.7.2. Konstruktivni oblici reduktora.....	287
6.7.3. Osnovni parametri reduktora.....	289
<b>6.8. Reduktorska vratila</b> .....	289
6.8.1. Konstruisanje vratila.....	290
6.8.2. Materijali za izradu vratila.....	291
6.8.3. Opterećenja vratila.....	291
6.8.4. Prethodni proračun vratila.....	292
<b>6.9. Spojnice</b> .....	295
6.9.1. Elastične spojnice.....	297
<b>6.10. Ležišta za reduktore</b> .....	298
6.10.1. Klizna ležišta.....	298
6.10.2. Kotrljajna ležišta.....	307
<b>6.11. Literatura</b> .....	311
<b>PRILOZI</b> .....	312
<b>INDEX POJMOVA</b> .....	324

## PREDGOVOR

Knjiga **Osnovi proizvodnih tehnologija** namenjena je studentima I i II godine, smer: Industrijsko inženjerstvo, Tehničkog fakulteta «Mihajlo Pupin» iz Zrenjanina. Mada je primarni cilj knjige da studentima posluži kao osnovna literatura za spremanje ispita, ona može biti korisna i drugim studentima pri izučavanju ove materije, kao i stručnjacima iz prakse u rešavanju svakodnevnih problema u proizvodnim uslovima.

Knjiga se sastoji iz šest delova.

U **prvom delu** obrađene su osnove materijala, koji su baza svega i na kojima počivaju sve proizvodne tehnologije.

U **drugom delu** obrađeni su osnovni postupci oblikovanja metala u tečnom stanju, tj. obrađene su osnove proizvodnje odlivaka od čelika, gvožđa i obojenih metala i legura.

U **trećem delu** obrađene su osnove prerade metala u plastičnom stanju.

U **četvrtom delu** obrađeni su osnovni postupci termičke, hemijsko-termičke i termičko-mehaničke obrade.

U **petom delu** obrađene su osnove obrade metala rezanjem.

U **šestom delu** obrađene su osnove mašinskih elemenata, sa proračunom određenih veličina i parametara.

Knjiga, takođe, sadrži teorijske postavke, na kojima se baziraju obrađene tehnologije, koje su neophodne, kako za razumevanje odvijanja procesa, tako i za rešavanje konkretnih problema.

U knjizi su prevashodno obrađeni oni postupci i parametri, koji se najčešće sreću u inženjerskoj praksi, a čije je izučavanje, takođe, predviđeno planom i programom studiranja.

Teorijska i praktična razmatranja obrađenih tehnologija, kao i analiza tehnoloških metoda i izvođenja postupaka, dati su na nivou, koji je neophodan za razumevanje njihove suštine, a ne i svih detalja, kako knjiga ne bi poprimila enciklopedijski i priručnički karakter.

Autori se nadaju da ova knjiga uspešno popuniti prazninu, koja je postojala u ovoj oblasti i na ovom, osnovnom nivou.

Autori se zahvaljuju svima, koji su svojim konstruktivnim sugestijama doprineli da ovo izdanje knjige bude kvalitetnije.

Zrenjanin, 2011.

Autori