

Zoran Kalinić
Tehnologija obrade i montaže
udžbenik za strukovne škole

Urednik
Zoran Kalinić

Recenzent:
Jozo Šarić, prof.

Lektor:
Zvonimir Kalinić

Ilustracije i naslovnica
Zoran Kalinić

© Zoran Kalinić, 2011.

Sva prava pridržana. Nijedan dio ove knjige ne smije se umnožavati,
Fotokopirati, ni na bilo koji način reproducirati bez pismenog odobrenja autora.

v.1.4.
ISBN 978-953-55998-5-2

Izdavač
Fravero, Zagreb, Savska cesta 166

Za izdavača
Zlatko Blažek

Tisak na zahtjev:
UniBook, Peleman Industries, Inc – Puurs, Belgium

Zoran Kalinić

Tehnologija obrade i montaže

udžbenik za strukovne škole

fraverO

Zagreb, 2012.

Sadržaj

Uvod	7
Osnove strojeva	7
Vrste obrade metala i vrste spojeva	9
1. Mjerenje	10
1.1. Pomično mjerilo	10
1.1.1. Pomično mjerilo preciznosti 0.1 mm (1/10)	10
1.1.2. Pomično mjerilo preciznosti 0.05 mm (1/20)	11
1.1.3. Pomično mjerilo preciznosti 0.02 mm (1/50)	12
1.1.4. Posebna pomična mjerila	12
1.1.5. Tehnika mjerenja pomičnim mjerilom	13
1.2. Mikrometri	14
1.2.1. Mikrometar za vanjska mjerenja točnosti 0.01 mm (1/100)	14
1.3. Komparatori	16
1.4. Kutomjeri	18
1.5. Kalibri	19
1.6. Etaloni	19
1.7. Šablone	20
2. Lijevanje	21
2.1. Lijevanje u pješčane kalupe	21
2.1.1. Modeli	21
2.1.2. Pijesak	21
2.1.3. Izrada kalupa	22
2.1.4. Taljenje metala	24
2.1.5. Lijevanje	24
2.1.6. Čišćenje odljevaka	25
2.2. Lijevanje u čelične kalupe	26
2.2.1. Tlačno lijevanje	26
2.2.2. Centrifugalno lijevanje	27
2.2.3. Kombinirano lijevanje	27
2.2.4. Kontinuirano lijevanje	27
3. Obrada metala plastičnom deformacijom	28
3.1. Osnovni pojmovi i definicije	28
3.2. Kovanje	30
3.2.1. Ručno kovanje	30
3.2.2. Strojno kovanje i prešanje	32
3.3. Provlačenje	33
3.4. Istiskivanje (isprešavanje, ekstruzija)	34
3.5. Valjanje	35
3.6. Duboko vučenje	37
3.7. Savijanje	39
3.8. Štancanje	41
4. Obrada metala rezanjem	42
4.1. Osnove obrade metala rezanjem	42
4.1.1. Osnovna geometrija oštrice alata	42
4.1.2. Osnovni parametri režima obrade	43
4.1.3. Teorijske osnove skidanja strugotine	45
4.2. Ručna obrada metala	46
4.2.1. Ocrtavanje i obilježavanje	46
4.2.2. Učvršćivanje i držanje predmeta za vrijeme obrade	48
4.2.3. Sječenje	50
4.2.4. Piljenje	51
4.2.5. Turpijanje	54
4.2.6. Razvrtanje	58

4.2.7. Narezivanje navoja	59
4.2.8. Grecanje	60
4.2.9. Probijanje	63
4.2.10. Ručno i strojno rezanje lima	64
4.3. Strojna obrada metala	66
4.3.1. Tokarenje	66
4.3.2. Glodanje	71
4.3.3. Bušenje	74
4.3.4. Blanjanje	77
4.3.5. Grebanje	80
5. Obrada metala brusnim sredstvima	82
5.1. Obrada metala brušenjem	82
5.1.1. Ravno brušenje	82
5.1.2. Kružno brušenje	83
5.1.3. Profilno brušenje	84
5.1.4. Alati za brušenje	85
5.1.5. Brusilice	85
5.2. Honanje	87
5.3. Lepanje	88
5.4. Superfinaš	89
5.5. Mehaničko poliranje	91
5.6. Obrada pomoću ultrazvuka	93
5.7. Rezanje brusnom tekućinom	94
6. Obrade metala erozijom	96
6.1. Elektroerozija	96
6.2. Eliziranje	98
7. Toplinske obrade	100
7.1. Osnovni pojmovi i definicije	100
7.2. Toplinske obrade čelika	100
7.2.1. Promjena strukture čelika djelovanjem topline	100
7.2.2. Podjela toplinskih obrada	103
7.2.3. Toplinske obrade s promjenom strukture	104
7.2.4. Toplinske obrade s promjenom kemijskog sastava	109
7.3. Toplinske obrade obojenih metala	111
7.3.1. Osnovni pojmovi	111
7.3.2. Očvrnuće legura na bazi aluminija	112
7.3.3. Očvrnuće legura na bazi bakra	112
8. Spajanje i montaža	113
8.1. Spajanje rastavljivim vezama	113
8.1.1. Spajanje vijcima	113
8.1.2. Spajanje klinovima	117
8.1.3. Spajanje zaticima	118
8.1.4. Spajanje spojkama	119
8.2. Spajanje pomičnim vezama	122
8.2.1. Spajanje profiliranim vratilima	122
8.2.2. Spajanje svornjacima	122
8.3. Spajanje elastičnim vezama	123
8.4. Spajanje nerastavljivim vezama	124
8.4.1. Zavarivanje	124
8.4.2. Lemljenje	144
8.4.3. Lijepljenje	146
8.4.4. Zakivanje	147
8.4.5. Spajanje steznim spojevima	149
8.4.6. Spajanje previjanjem ili porubljanjem	151

Uvod

Osnove strojeva

Stroj je skup međusobno povezanih dijelova koji služi za pretvaranje energije ili za njeno iskorištavanje. Strojevi koji služe za pretvaranje energije su pogonski strojevi, a strojevi



koji služe za iskorištavanje energije su radni strojevi. Radne strojeve pogone pogonski strojevi pa se radne strojeve još naziva gonjenim strojevima (slika 1.)

Slika 1. Pogonski i radni (gonjeni) stroj

Pogonski strojevi pretvaraju jedan oblik energije u drugi oblik (najčešće u mehaničku energiju), a dijele se na:

- elektromotore,
- vjetrenjače,
- hidraulične strojeve (vodne turbine),
- toplinske strojeve (motori SUI, i drugi).

Najpoznatiji pogonski strojevi su: elektromotori, motori s unutrašnjim izgaranjem, vodne turbine i parne turbine.

Radni ili gonjeni strojevi dobivenu energiju od pogonskih strojeva iskorištavaju za obavljanje nekog rada. Radni se strojevi dijele prema namjeni i teško ih je klasificirati.

Neki od radnih strojeva su:

- obradni strojevi,
- vozila,
- prenosila i dizala,
- pumpe,
- kompresori i ventilatori i sl.

Prema složenosti strojevi mogu biti jednostavni i složeni.

Jednostavni strojevi su naprave kojima se povećava omjer uložene i iskorištene sile. To su: kosina, kotač i osovina, poluga, koloturnik, klin i vijak.

Složeni strojevi se sastoje iz više jednostavnih strojeva i uređaja.

Uređaji se sastoje iz dva ili više jednostavnih strojeva koji u sklopu stroja služe za pretvorbu signala ili informacija, odnosno za obavljanje određene zadaće. Neki uređaji su:

- na automobilima
 - o uređaj za upravljanje,
 - o uređaj za davanje svjetlosnih znakova,
 - o uređaj za sprječavanje proklizavanja i drugi,
- na alatnim strojevima
 - o uređaji za pretvaranje gibanje,
 - o uređaji za promjenu smjera gibanja i drugi.

U obradi materijala razlikuju se dvije skupine strojeva: aparati i obradni strojevi. **Aparati** služe za obradu i pretvaranje materijala bez uporabe alata, dok **obradni strojevi** uz pomoć alata obrađuju materijale. Aparati su npr.: aparat za zavarivanje, aparat za gašenje požara, aparat za pripremu kave i dr. Obradni strojevi su: bušilice, tokarilice, glodalice, brusilice, itd.

Više strojeva, uređaja, aparata i dijelova povezanih u jednu svrsishodnu cjelinu naziva se **postrojenje**. Postrojenja se grade za različite namjene. Npr.: postrojenje za proizvodnju dijelova, postrojenje za proizvodnju električne energije, postrojenje za pripremu tople vode itd.

Postrojenjima i strojevima se može upravljati: ručno, ručno uz uporabu strojeva, a pojedine strojeve dovoljno je samo uputiti u rad, a njihovo upravljanje je potpuno automatsko.

S gledišta načina upravljanja strojevi mogu biti:

- ručni (manualni),
- mehanizirani,
- automatski,
- numerički.

Primjeri upravljanja tokarilicom:

Na ručno upravljanoj tokarilici okretanje predmeta obrade obavlja elektromotor, a sva pomicanja alata putem mehanizama vreteno-matica i zupčanik-zupčasta letva izvodi tokar. Alat slijedi naredbe tokara. Tokar također umeće obradak u steznu napravu i vadi ga nakon završene obrade.

Na mehaniziranoj tokarilici tokar uključuje i isključuje pojedine prijenosnike gibanja za manipuliranje predmetom obrade, a alat slijedi naredbe tokara.

Na automatskoj tokarilici tokar upućuje stroj, kontrolira proizvode i nadgleda proces proizvodnje. Alat slijedi šablonu koju prethodno treba izraditi i postaviti na stroj.

Na numerički upravljanoj tokarilici tokar upućuje stroj, kontrolira proizvode i nadgleda proces proizvodnje. Alat slijedi naredbe programa koji prethodno treba izraditi i unijeti u upravljačku jedinicu. Ako se radi o jednom stroju onda je to numerički upravljani stroj – *numerical control* (NC), a ako se u postrojenju s više numeričkih upravljanih strojeva upravlja svim strojevima upravlja putem jednog računala (kompjutora) onda se te strojeve naziva kompjutorski upravljanim numeričkim strojevima – *computer numerical control* (CNC).

Vrste obrade metala i vrste spojeva

Prema mehanizmu procesa obrada metala može biti:

1. obrada izvornim oblikovanjem (lijevanje),
2. obrada plastičnom deformacijom,
3. obrada rezanjem,
4. obrada brusnim sredstvima,
5. elektrokemijska obrada,
6. toplinska obrada.

Spojevi kojim se dijelove spaja u jednu cjelinu mogu biti:

1. rastavljivi,
2. pomični,
3. elastični,
4. nerastavljivi.

1. Mjerenje

Mjerenje je brojčana usporedba veličine koja se mjeri s poznatom veličinom iste vrste. Rezultat mjerenja je mjerna vrijednost. Osnovna mjerna jedinica u strojarstvu je milimetar pa se sve mjere izražavaju u milimetrima. Npr. 1237 mm (jedan metar, dva decimetra, tri centimetra i sedam milimetara)

Najčešća mjerila u strojarstvu su pomična mjerila, mikrometri, komparatori i kutomjeri, a za brzu kontrolu se primjenjuju kalibri, etaloni i šablone.

1.1. Pomično mjerilo

Univerzalno pomično mjerilo (slika 1.1.), služi za mjerenje vanjskih mjera, unutarnjih mjera i dubine. Sastoji se od pomičnog i nepomičnog dijela, mjernih krakova za mjerenje vanjskih mjera, mjernih krakova za mjerenje unutarnjih mjera i izdanka za mjerenje dubina. Na nepomičnom dijelu je milimetarska podjela, a na pomičnom dijelu je **nonij** podjela. U nekim slučajevima na nepomičnom dijelu osim milimetarske podjele nalazi se i colna podjela, a na pomičnom dijelu colni nonij. Prema najmanjoj mjeri koja se može izmjeriti razlikuju se:

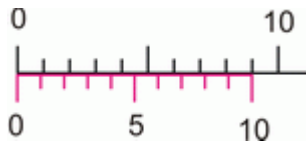
- mjerila preciznosti jedne desetinke (0.1 mm – 1/10),
- mjerila preciznosti pet stotinki (0.05 mm – 1/20),
- mjerila preciznosti dvije stotinke (0.02 mm – 1/50),
- posebna mjerila preciznosti jedne stotinke (0.01 mm – 1/100)



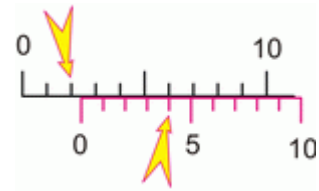
Slika 1.1. Univerzalno pomično mjerilo

1.1.1. Pomično mjerilo preciznosti 0.1 mm (1/10)

Mjerilo preciznosti 0.1 mm ima nonij u kojemu je 9 mm podijeljeno na 10 jednakih dijelova (slika 1.2.). Svaki dio veličine je 9/10 mm (0.9 mm), pa do punog milimetra ostaje 1/10 mm (0.1 mm).



Slika 1.2. Načelo nonija



Slika 1.3. Čitanje mjere s pomičnog mjerila preciznosti 0.1mm

Čitanje mjere s pomičnog mjerila preciznosti 0.1mm:

Prvo treba pročitati koliko je punih milimetara do nule na nonij podjeli, a zatim pronaći crticu na nonij podjeli koja se poklapa s nekom crticom na milimetarskoj podjeli. Npr.: ako je do nule na noniju 2 mm, a četvrta crtica nonija se poklapa s nekom crticom na milimetarskoj podjeli, onda je to mjera 2.4 mm odnosno 2 milimetra i 4 desetinke. Najmanja mjera koju se može izmjeriti mjerilom preciznosti 0.1 mm je upravo jedna desetinka milimetra.

1.1.2. Pomično mjerilo preciznosti 0.05 mm (1/20)

U strojarstvu je jedna desetinka često puta krupna veličina, pa se mjerilo točnosti 1/10 primjenjuje samo za gruba i približna mjerenja.



Preciznije pomično mjerilo je mjerilo s nonijem u kojem je 39 mm podijeljeno na 20 jednakih dijelova (slika 1.4.).

Slika 1.4. Nonij u kojem je 39 mm podijeljeno na 20 jednakih dijelova



$39/20=1.95$ mm - do puna dva milimetra nedostaje 0.05 mm odnosno 1/20 mm.

Jednako je $19/20=0.95$ mm - do punog milimetra nedostaje 0.05, odnosno 1/20 mm.

Slika 1.5. Čitanje mjere s pomičnog mjerila preciznosti 0.05mm

Čitanje mjere s pomičnog mjerila preciznosti 0.05mm:

Prvo treba pročitati koliko je punih milimetara do nule na nonij podjeli, a zatim pronaći crticu na noniju koja se poklapa s nekom crticom na milimetarskoj podjeli. Npr.: ako je do nule na noniju 5 mm, a treća crtica nonija se poklapa s nekom crticom na milimetarskoj podjeli, onda je to mjera od 5.15 mm odnosno 5 milimetra i 15 stotinki milimetra. Najmanja mjera koju se može izmjeriti mjerilom preciznosti 0.05 mm je pet stotinki milimetra. Mjere idu redom 0.05, 0.1, 0.15, 0.20, 0.25 itd..

1.1.3. Pomično mjerilo preciznosti 0.02 mm (1/50)



Pomično mjerilo preciznosti 1/50 mm (0.02 mm) je najpreciznije pomično mjerilo sa skalom bez pomoćnog uređaja. Ono ima nonij u kojemu je 49 mm podijeljeno na 50 jednakih dijelova ($49/50=0.98$), pa do punog milimetra nedostaje 0.02 mm. Nonij tog mjerila i način čitanja mjere vidi se na slici 1.6.

Slika 1.6. Čitanja mjere s pomičnog mjerila točnosti 0.02 mm

Čitanje mjere s pomičnog mjerila preciznosti 0.02mm:

Prvo treba pročitati koliko je punih milimetara do nule na nonij podjeli, a zatim pronaći crticu na noniju koja se poklapa s nekom crticom na milimetarskoj podjeli. Npr.: ako je do nule na noniju 12 mm, a prva crtica nonija se poklapa s nekom crticom na milimetarskoj podjeli, onda je to mjera od 12.02 mm odnosno 12 milimetara i 2 stotinke milimetra. Najmanja mjera koju se može izmjeriti mjerilom preciznosti 0.02 mm je dvije stotinke milimetra. Mjere idu redom 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.12, 0.14, 0.16 itd..

1.1.4. Posebna pomična mjerila

U posebna pomična mjerila spadaju:

- pomična mjerila s mikrometarskim vijkom,
- pomična mjerila s komparatorom,
- pomična mjerila s LCD zaslonom (digitalna).

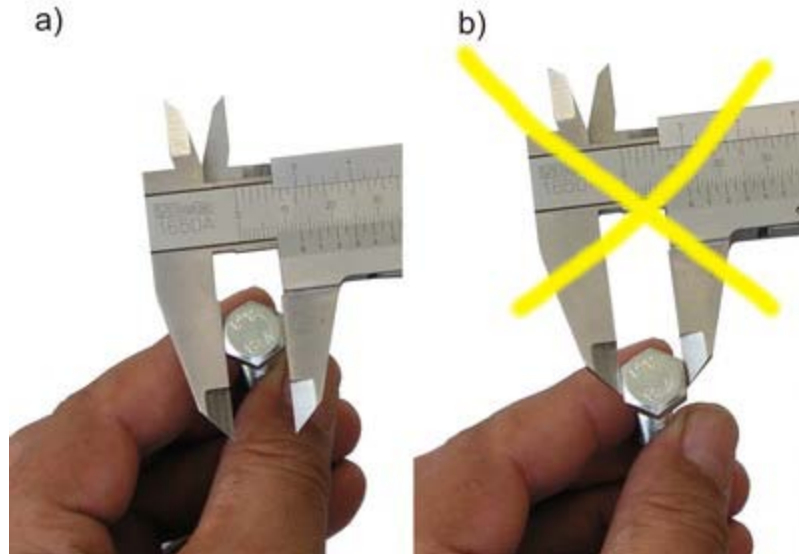
Sva su ta mjerila točnosti 1/100 milimetra.



Slika 1.7. Posebna mjerila; mjerilo s komparatorom i digitalno mjerilo

1.1.5. Tehnika mjerenja pomičnim mjerilom

Pri mjerenju pomičnim mjerilom kraci trebaju zahvatiti što veću površinu (slika 1.8.), a zatim pomični dio ukočiti vijkom i mjerilo skinuti s predmeta. Mjerilo zatim treba okrenuti prema sebi tako da je pogled okomit na mjernu letvu i pročitati mjeru.



Slika 1.8. Zahvaćanje predmeta pomičnim mjerilom a) pravilno b) nepravilno

Pri mjerenju manjih predmeta, kad se mjerilo drži u jednoj, a predmet u drugoj ruci, pa pomični dio ne treba ukočiti, jer svako povlačenje mjernih krakova po predmetu oštećuje pomično mjerilo.

Pri mjerenju dubine (slika 1.9.) rub mjerne letve mora potpuno prileći uz vanjsku stjenku predmeta.



Slika 1.9. Mjerenje dubine univerzalnim pomičnim mjerilom

Sva mjerila zahtijevaju čistoću, pažljivo rukovanje i čuvanje.

1.2. Mikrometri

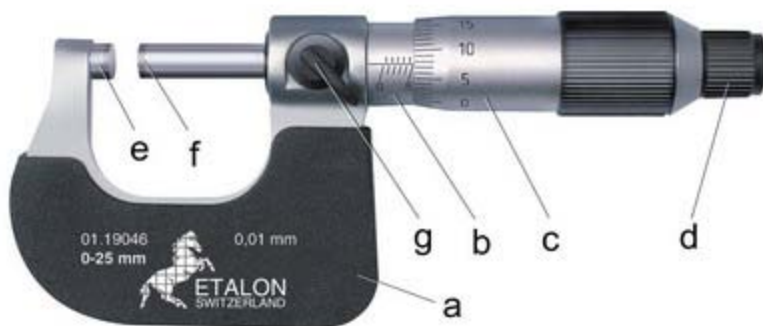


Mikrometri služe za vanjska mjerenja, unutarnja mjerenja i mjerenje dubina. Točnosti su 1/100, 1/200 i 1/500 i 1/1000 mm. Izrađuju se za različita mjerna područja i to: 0 do 25 mm, 25 do 50 mm, 50 do 75 mm, 75 do 100 mm itd..

Slika 1.10. Mikrometri za vanjska i mikrometar za unutarnja mjerenja

1.2.1. Mikrometar za vanjska mjerenja točnosti 0.01 mm (1/100)

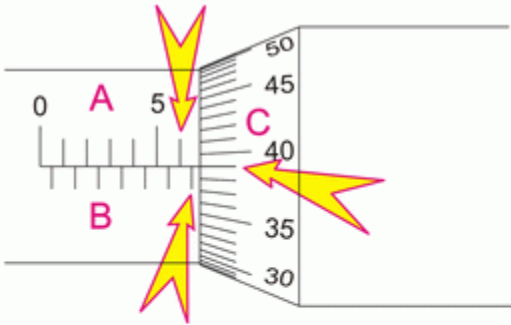
Mikrometar za vanjska mjerenja točnosti 0.01 mm se sastoji se od potkove (a), cilindra s milimetarskom podjelom i podjelom na polovice milimetra (b), mjernog bubnja s podjelom na 50 jednakih dijelova (c), čegrtaljke (d), nepomičnog mjernog čepa (e), pomičnog mjernog čepa (f) i kočnice (g).



Slika 1.11. Mikrometar za vanjska mjerenja točnosti 0.01 mm;
a) potkova,
b) cilindar s milimetarskom podjelom i podjelom na polovice milimetra,
c) mjerni bubanj s podjelom na 50 jednakih dijelova,
d) čegrtaljka,
e) nepomični mjerni čep,
f) pomični mjerni čep,
g) kočnica

Mikrometarski vijak ima navoj uspona 0.5mm pa se za pun okret mjernog bubnja pomični čep uzdužno pomakne za 0.5mm. Zakretanjem mjernog bubnja za jednu podjelu, pomični čep se uzdužno pomakne za 0.01 mm ($0.5:50=0.01$).

Postupak čitanja mjere s mikrometra točnosti 1/100 vidi se na slici 1.12.



Slika 1.12. Čitanje mjere s mikrometra točnosti 1/100 mm

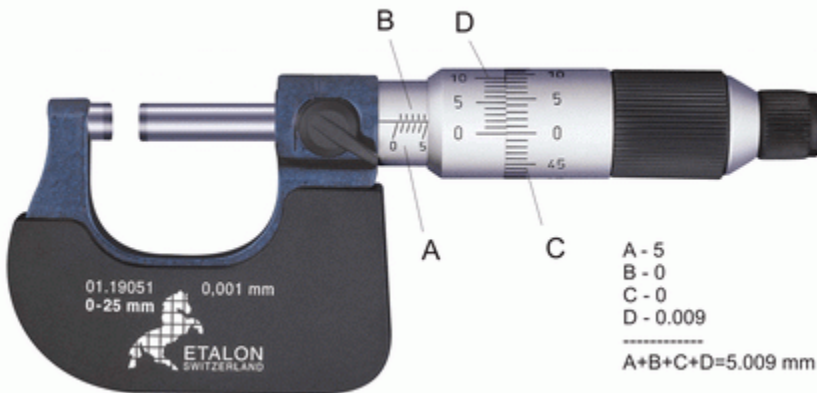
Milimetri i polovice milimetra čitaju se s mjernog cilindra, a stotinke s mjernog bubnja.

Skala A na slici 1.12. predstavlja milimetre, skala B polovice, a skala C stotinke milimetra.

skala	A	6.00
skala	B	0.50
skala	C	0.39
<hr/>		
ukupno	A+B+C = 6.89	

Čitanje mjera s mikrometra točnosti 1/1000 vidi se na slici 1.13.

Slika 1.13. Čitanje mjera s mikrometra točnosti 1/1000



Tehnika mjerenja mikrometrom

Potkova mikrometra obložena je plastikom radi izolacije od prijenosa topline s ruke na nju, kako ne bi došlo do širenja potkove zbog toplinskog istezanja materijala.

Lijevom rukom drži se mikrometar za obloženi dio potkove, a desnom se rukom okreće mjerni bubanj. Mjerni bubanj valja okretati samo čegrtaljkom kako bi se smanjila greška pritezanja. Nakon pritezanja vreteno se ukoči pomoću kočnice, mikrometar skinu s predmeta i pročita mjera.

Ako čegrtaljkom potpuno zatvoren mikrometar ne pokazuje nulu, onda pomoću kukastog ključa koji se nalazi u kompletu treba zakrenuti mjerni cilindar do nule na mjernom bubnju.