

SADRŽAJ

1. OSNOVI MERENJA	1,
1.1 UVOD U METROLOGIJU	1
<i>1.1.1 Osnovni pojmovi i zadaci metrologije</i>	<i>1</i>
<i>1.1.2 Klasifikacija metrologije</i>	<i>3</i>
Razvoj metrologije	4
<i>1.1.3 Zakonska ili legalna metrologija</i>	<i>7</i>
Međunarodne metrološke organizacije	7
Nacionalni metrološki sistemi	9
Normativno - pravni osnov metrološkog sistema	10
<i>1.1.4 Međunarodni sistem mernih jedinica - SI sistem</i>	<i>11</i>
<i>1.1.5 Industrijska - proizvodna metrologija</i>	<i>13</i>
Razvoj proizvodne metrologije	13
1.2 KONTROLA KVALITETA IZRADE PROIZVODA	14
<i>1.2.1 Tehnička kontrola kvaliteta izrade proizvoda</i>	<i>14</i>
<i>1.2.2 Organizacija kontrole kvaliteta izrade</i>	<i>16</i>
<i>1.2.3 Glavne funkcije kontrole kvaliteta</i>	<i>19</i>
<i>1.2.4 Tehnologija i tehnološki postupci kontrole</i>	<i>20</i>
Tehnološki postupci prijemne kontrole	24
Tehnološki postupci linijske kontrole	24
Tehnološki postupci međufazne kontrole	29
Tehnološki postupci završne kontrole	29
1.3 OSNOVI TEHNIČKIH MERENJA	29
<i>1.3.1 Merenje i kontrola</i>	<i>29</i>
Merenje	29
Kontrola	31
<i>1.3.2 Metode merenja i kontrole</i>	<i>32</i>
<i>1.3.3 Osnovni principi merenja i kontrole</i>	<i>36</i>
<i>1.3.4 Greške merenja i kontrole</i>	<i>37</i>
Sistematske greške merenja i kontrole	39
Slučajne greške merenja i kontrole	40
Grube greške merenja i kontrole	40
<i>1.3.5 Rasipanje rezultata merenja i kontrole</i>	<i>42</i>

1.3.6	Obrada rezultata merenja	45
1.3.7	Obrada rezultata kontrole	47
1.3.8	Karakteristike procesa merenja i kontrole	49
	Tačnost i preciznost merenja	49
	Karakteristike kontrolisanog procesa	50
1.4	MERNA I KONTROLNA INSTRUMENTACIJA	51
1.4.1	Vrste i klasifikacija merila	51
1.4.2	Osnovne karakteristike merila	56
1.4.3	Greške merila	59
	Sistematska i slučajna greška merila	60
	Greška merila usled "paralakse"	61
1.4.4	Izbor merila	64
	Organizaciono - tehnički oblik kontrole	64
	Obim proizvodnje	65
	Konstruktivne karakteristike proizvoda	65
	Tačnost izrade proizvoda	66
2.	MERNI SISTEMI I SENZORI	67
2.1	MERNI SISTEMI	67
2.1.1	Osnovni pojmovi	67
2.1.2	Zadaci mernih sistema	68
2.1.3	Klasifikacija mernih sistema	70
2.1.4	Struktura mernih sistema	72
2.2	SENZORI MERNIH SISTEMA	73
2.2.1	Mehanički senzori	75
2.2.2	Optički senzori	75
2.2.3	Pneumatski senzori	75
2.2.4	Hidraulični senzori	75
2.2.5	Elektromagnetni senzori	76
2.2.6	Kapacitivni senzori	78
2.2.7	Fotoelektrični senzori	78
2.2.8	Elektrorezistorski senzori	79
2.2.9	Taktilni senzori	80
2.2.10	Galvanomagnetni senzori	81
2.2.11	Elektronski senzori	82
2.2.12	Akustični senzori	82
2.2.13	Frekventni elektromehanički senzori	83
2.3.14	Koračni senzori	84
2.3.15	Senzorski sistem robota	84
3.	INDUSTRIJSKA MERILA ZA DUŽINE	85
3.1	JEDNOSTRUKA MERILA	86
3.1.1	Granična merila	86

Paralelna granična merila - PGM	86
Tačnost i kontrola PGM	88
Pribori PGM	89
3.1.2 Tolerancijska merila - kontrolnici	90
Kontrola otvora i osovina	91
Kontrola žljebova	92
Kontrola dužina	93
Kontrola međuosnih rastojanja	93
3.1.3 Šablони i kalibri	95
3.1.4 Merne ploče	96
Tačnost i kontrola mernih ploča	97
3.1.5 Merni lenjiri (lenjiri bez skale)	99
3.1.6 Ugaonici	100
3.2 VIŠESTRUKA - UNIVERZALNA MERILA	102
3.2.1 Merni lenjiri sa skalom	102
Tačnost i kontrola mernih lenjira	103
3.2.2 Merila sa nonijusom	104
Proračun nonijusa i karakteristike merila	104
Kljunasto - pomično merilo	105
Dubinomeri	109
Visinomeri	109
Greške i kontrola tačnosti kljunastih merila	110
3.2.3 Mikrometerska merila	111
Mikrometri za spoljašnja merenja	112
Mikrometri za unutrašnja merenja	114
Specijalni mikrometri	116
Greške i kontrola tačnosti mikrometara	116
3.2.4 Komparatori ili merni pretvarači	117
Mehanički komparatori	118
Minimetar	118
Ortotest	119
Sat - komparator	119
Mikrokator	121
Optikator	121
Pasametar	122
Subito	122
Komparatori za male otvore	123
Specijalni tipovi komparatora	123
Držači komparatora	124
Kontrola komparatora	125
Optički komparatori	127
Optimetar	127

<i>Ultraoptimetar</i>	127
4. OPTIČKA MERNNA TEHNIKA	129
4.1 ABBE - ov MERAČ DUŽINA	129
4.2 MERNE MAŠINE	131
4.3 MERNI MIKROSKOPI	133
4.2.1 <i>Alatni mikroskop</i>	134
4.2.2 <i>Univerzalni alatni mikroskop</i>	135
4.4 PROFILPROJEKTORI	136
5. INTERFERENTNA MERNNA TEHNIKA	137
5.1 MERENJA PLAN PARALELNIM STAKLOM	138
5.2 SVETLOSNI INTERFEROMETRI	139
5.3 LASERSKI MERNI SISTEMI	140
5.3.1 <i>Laserski difrakcioni merni sistemi</i>	142
5.3.2 <i>Laserski holografski merni sistemi</i>	142
5.3.3 <i>Laserski interferometri</i>	142
5.3.4 <i>Lasersko - televizijski merni sistemi</i>	144
6. MERENJE I KONTROLA UGLOVA, KONUSA I NAGIBA ...	145
6.1 UPOREDNE METODE MERENJA I KONTROLE	146
6.1.1 <i>Granična merila za uglove</i>	146
6.1.2 <i>Tolerancijska merila za konuse</i>	147
6.1.3 <i>Ugaonici</i>	147
6.1.4 <i>Šabloni za uglove</i>	148
6.2 TRIGONOMETRIJSKE METODE MERENJA UGLOVA ...	148
6.2.1 <i>Tangentni lenjir</i>	148
6.2.2 <i>Sinusni lenjir</i>	150
6.2.3 <i>Merenje ugla konusa pomoću dva para koturova</i>	151
6.2.4 <i>Merenje ugla konusa valjčićima i graničnim merilima</i>	152
6.2.5 <i>Merenje ugla konusa pomoću dva prstena</i>	152
6.2.6 <i>Merenje ugla unutrašnjeg konusa pomoću dve kugle</i>	153
6.2.7 <i>Merenje ugla unutrašnjeg konusa pomoću dva kotura</i>	153
6.2.8 <i>Merenje ugla nagiba konusa na mernom mikroskopu</i>	154
6.3 GONIOMETRIJSKE METODE MERENJA UGLOVA	154
6.3.1 <i>Uglomeri</i>	154
Mehanički uglomeri	154
Optički uglomeri	155
6.3.2 <i>Libele</i>	155
7. MERENJE I KONTROLA NAVOJA	160
7.1 KONTROLA NAVOJA	160
7.2 MERENJE TEMENOG PREČNIKA	162
7.3 MERENJE PODNOŽNOG PREČNIKA	162

7.4 MERENJE SREDNJEG PREČNIKA	163
7.4.1 <i>Merenje srednjeg prečnika spoljašnjeg navoja</i>	163
Loptasto merilo	163
Mikrometar sa specijalnim mernim pipcima	164
AUWI uređaj za brzu kontrolu	164
Metod kalibrisanih žica	165
Merenje srednjeg prečnika na mikroskopu	167
7.4.2 <i>Merenje srednjeg prečnika unutrašnjeg navoja</i>	168
Mikrometerska merila	168
INWI uređaj za brzu kontrolu	168
Specijalne metode	169
7.5 MERENJE I KONTROLA KORAKA NAVOJA	170
7.6 MERENJE I KONTROLA UGLA PROFILA	171
7.7 KONTROLA PROFILA NAVOJA	171
8. MERENJE I KONTROLA ZUPČANIKA	172
8.1 GREŠKE I METODE KONTROLE ZUPČANIKA	172
8.2 KOMPLEKSNA KONTROLA ZUPČANIKA	173
8.2.1 <i>Kompleksna dvoprofilna kontrola</i>	173
8.2.2 <i>Kompleksna jednoprofilna kontrola</i>	175
8.3 MERENJE OSNOVNOG I PODEONOG KORAKA	176
8.3.1 <i>Merenje osnovnog koraka</i>	177
8.3.2 <i>Merenje podeonog koraka</i>	178
8.4 KONTROLA PROFILA EVOLVENTE	180
8.4.1 <i>Uređaj sa konstantnim osnovnim krugom</i>	180
8.4.2 <i>Uređaj sa promenljivim osnovnim krugom</i>	181
8.5 MERENJE DEBLJINE ZUBA I ŠIRINE MEĐUZUBLJA	181
8.5.1 <i>Merenje debljine zuba</i>	181
8.5.2 <i>Merenje i kontrola širine međuzublja</i>	183
8.5.3 <i>Kontrola zajedničke normale - mera preko zuba</i>	184
8.6 KONTROLA PRAVCA ZUBA ZUPČANIKA	186
8.7 KONTROLA EKSCENTRIČNOSTI VENCA	186
8.8 KONTROLA TRAGA NOŠENJA	187
8.9 KONTROLA ŠUMA ZUPČANIKA	188
9. KONTROLA MAKROGEOMETRIJE POVRŠINA	189
9.1 MAKROGEOMETRIJSKA ODSUPANJA POVRŠINA	189
9.2 METODE KONTROLE OBLIKA	192
9.3 METODE KONTROLE POLOŽAJA POVRŠINA	194
9.4 KONTROLA URAVNJENOSTI POVRŠINA	194
9.4.1 <i>Metod svetlosnog procepa</i>	195
9.4.2 <i>Metod mernih ploča i lenjira</i>	195
9.4.3 <i>Optičke metode</i>	196

9.4.4 Metode interferencije svetlosti	196
10. KONTROLA MIKROGEOMETRIJE - HRAPAVOSTI	
POVRŠINA	198
10.1 PARAMETRI HRAPAVOSTI	198
10.2 KVALITATIVNE ILI UPOREDNE METODE	199
10.2.1 Vizuelna ocena hrapavosti	199
10.2.2 Metod kosih svetlosnih zraka	199
10.2.3 Metod totalnog odbijanja svetlosti	200
10.2.4 Metod dva lika u mikroskopu	200
10.3 KVANTITATIVNE METODE	201
10.3.1 Bezkontaktne metode	201
Metod svetlosnog preseka	201
Metod interferencije svetlosti	202
10.3.2 Kontaktne metode	203
Johansson - ov profilometar	204
Schmalz - ov profilograf	204
Profilograf - profilometar	204
11. NU MERNE MAŠINE (NUMM)	207
11.1 OSNOVNI POJMOVI	207
11.2 PRINCIP RADA I OBLASTI PRIMENE	209
11.2.1 Princip rada	209
11.2.2 Oblasti primene	211
11.3 PROGRAMIRANJE NUMM	212
11.4 STRUKTURA NUMM	215
11.4.1 Noseća struktura	216
11.4.2 Pogonski sistem	216
11.4.3 Upravljački sistem	216
11.4.4 Merni sistem	216
11.4.5 Senzorski sistem	216
Univerzalne merne glave	218
Kontaktne merne glave	219
Bezkontaktne merne glave	219
11.5 KLASIFIKACIJA NUMM	219
11.6 TENDENCIJE RAZVOJA NUMM	220
11.6.1 NUMA kao NUMM	220
12. AUTOMATIZACIJA MERENJA I KONTROLE	222
12.1 AKTIVNI I PASIVNI MERNI SISTEMI	223
12.1.1 Pretprocesni aktivni merni sistemi	225
12.1.2 Procesni aktivni merni sistemi	225
12.1.3 Postprocesni aktivni merni sistemi	226

12.1.4 Samoregulišući aktivni merni sistemi	226
12.1.5 Kontrolni pribori - uređaji	228
12.1.6 Kontrolni automati	228
12.2 PNEUMATSKI MERNI SISTEMI	230
12.2.1 Pneumatski sistemi manometarskog tipa	231
12.2.2 Pneumatski sistemi rotometarskog tipa	232
12.2.3 Pneumatski sistemi bolometarskog tipa	233
12.3 FOTOELEKTRIČNI MERNI SISTEMI	233
12.3.1 Metrološki fotoelektrični sistemi	233
12.3.2 Identifikacioni fotoelektrični sistemi	233
12.3.3 Informacioni fotoelektrični sistemi	235
12.4 QDS VIŠEPOZICIONI MERNI SISTEMI	235
12.5 MERNO - KONTROLNI ROBOTI	236
12.6 FLEKSIBILNI METROLOŠKI SISTEMI	237
12.6.1 Fleksibilni metrološki moduli	240
12.6.2 Fleksibilne metrološke ćelije	241
12.6.3 Fleksibilni metrološki centri i stanice	241
12.6.4 Fleksibilni metrološki sistemi	242
13. MERENJE TEMPERATURE	245
13.1 TERMOMETRI RASTEZANJA - ŠIRENJA	248
13.1.1 Gasni termometri	248
13.1.2 Stakleni termometri	249
13.1.3 Manometarski termometri	251
13.1.4 Metalni termometri	252
13.2 ELEKTRIČNI KONTAKTNI TERMOMETRI	253
13.2.1 Otporni termometri	253
Platinski otporni termometri	254
Termistori	257
13.2.2 Termoelementi	257
13.2.3 Ugradnja termometara	265
13.3 RADIJACIONA TERMOMETRIJA	266
13.3.1 Pirometri ukupnog zračenja	267
13.3.2 Pirometri delimičnog zračenja	270
13.3.3 Dvobojni ili optički pirometri sa bojama	271
13.4 SPECIJALNA SREDSTVA ZA MERENJE TEMPERATURE	273
13.4.1 Zegerovi šiljci	273
13.4.2 Termoosetljive boje i premazi	274
13.4.3 Fotometrijske metode	274
14. MERENJE PRITISKA	275
Statički, dinamički i apsolutni pritisak	278

14.1 MANOMETRI SA TEČNOSTIMA	279
14.1.1 Manometri sa U cevi	279
Korekcija merenja	281
14.1.2 Barometri	283
14.1.3 Cevni manometri sa dve tečnosti	284
Uljni manometar	285
Rabeov manometar	285
14.1.4 Manometri sa nagnutom cevi	287
14.1.5 Mikromanometri	287
14.1.6 Minimanometri	288
14.2 KLIPNI MANOMETRI	289
14.3 ZVONASTI MANOMETRI	290
14.3.1 Zvonasti manometri sa ravnokrakom vagom	290
14.4 PRSTENASTE VAGE	291
14.5 MANOMETRI SA ELASTIČNIM PRETVARAČIMA	293
14.5.1 Manometar sa elastičnom (Burdonovom) cevi	293
14.5.2 Manometri sa membranama	295
14.5.3 Aneroidi	296
14.5.4 Priključivanje manometara	297
14.5.5 Baždarenje manometara	299
14.6 SPECIJALNE METODE MERENJA PRITISKA	301
15. MERENJE KOLIČINE I GUSTINE	303
15.1 ODREĐIVANJE I MERENJE ZAPREMINE	304
15.1.1 Određivanje i merenje zapremine čvrstih tela	304
15.1.2 Određivanje i merenje zapremine tečnosti	304
Metode kontinualnog merenja nivoa	305
Metode diskretnog merenja nivoa	306
15.1.3 Određivanje i merenje zapremine gasova	308
15.2 MERENJE TEŽINE (MASE)	308
15.3 MERENJE GUSTINE	309
15.4 MERENJE GUSTINE ČVRSTIH TELA	310
15.4.1 Metod potiska	310
15.4.2 Metod piknometra	310
15.5 MERENJE GUSTINE TEČNOSTI	308
15.5.1 Metod piknometra	311
15.5.2 Metod potiska	311
Kontinualno merenja gustine tečnosti	312
15.5.3 Hidrostatičke metode	315
15.5.4 Radioaktivne metode	316
15.5.5 Metode merenja sile smicanja	317
15.6 MERENJE GUSTINE GASOVA	318

15.6.1	Metod piknometra	318
15.6.2	Metod potiska	318
15.6.3	Uporedne (relativne) metode	319
15.6.4	Idirektno merenje gustine gasova	320
16.	MERENJE BRZINE I PROTOKA FLUIDA	322
16.1	METODE MERENJA	322
16.1.1	Baždarenje protokometara	323
	Statička metoda	323
	Balistička metoda	323
	Kalibracija protokometara za gasove	325
16.2	VOLUMETRIJSKI PROTOKOMETRI	322
16.2.1	Kontrolno merenje protoka	326
16.2.2	Kontinualno merenje protoka	328
16.3	TURBINSKI MERAČI PROTOKA	332
16.4	MERENJE PROTOKA I BRZINE FLUIDA SUŽENOM CEVI	335
16.4.1	Konstrukcija i ugradnja blende - prigušnice	338
	Vrste i oblici blendi	338
	Ugradnja blende	340
16.4.2	Merenje razlike pritiska	341
16.5	MERENJE PROTOKA INDUKTIVNIM SENZORIMA	343
16.6	ROTOMETRI	344
16.7	ANEMOMETRI	344
16.8	LASERSKI DOPLEROV ANEMOMETAR	346
16.9	PITOVA CEV	346
16.10	MERENJE PROTOKA POMOĆU PRELIVA BRANE	349
16.11	OSTALE METODE MERENJA PROTOKA	350
17.	MERENJE VISKOZNOSTI	352
17.1	METODE MERENJA VISKOZNOSTI	353
17.1.1	Metode apsolutnih merenja	353
17.1.2	Metode uporednih (relativnih) merenja	354
17.2	UREĐAJI ZA MERENJE VISKOZNOSTI	355
17.2.1	Englerov viskozimetar	355
17.2.2	Stokesova metoda	356
17.2.3	Kapilarni viskozimetri	358
17.2.4	Obrtni viskozimetri	362
17.2.5	Viskozimetar sa dva aksijalno pokretna cilindra	363
18.	MERENJE VLAŽNOSTI	365
18.1	MERENJA VLAŽNOSTI POMOĆU TAČKE ROSE	367
18.2	PSIHROMETRI	368

18.3 HIGROMETRI	369
18.3.1 Električni higrometri	369
Otporni higrometri	369
Kapacitivni higrometri	370
18.3.2 Higrometri sa dlakom	371
18.4 MERENJA VLAŽNOSTI ČVRSTIH I ZRNASTIH MATERIJALA	371
18.5 OSTALE METODE MERENJA VLAŽNOSTI	372
19. MERENJE BUKE I VIBRACIJA	375
19.1 MERENJE BUKE	375
19.1.1 Objektivne veličine i merne jedinice zvuka	375
19.1.2 Fonometrijske veličine zvuka	377
19.1.3 Subjektivna merenja buke	380
19.1.4 Objektivna meranja buke	380
19.1.5 Merenje i analiza buke u tehnološkom procesu	382
19.2 MERENJE VIBRACIJA	384
19.2.1 Opšte karakteristike vibracija	384
19.2.2 Merenje vibracija	385
LITERATURA	389