dr Veljko Vuković,
msc Miljana Vuković,
msc Ivan Knežević i
msc Mirjana Bojanić

OSNOVE MAŠINSTVA

PRVO IZDANJE



Banja Luka, 2015.

dr Veljko Vuković,
msc Miljana Vuković,
msc Ivan Knežević i
msc Mirjana Bojanić

"OSNOVE MAŠINSTVA" 1-IZDANJE
Edicija: „TEHNIČKE NAUKE -UDŽBENICI"

Recenzenti:
prof. dr Branko Škorić,
redovni profesor Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad,
prof. dr Slobodan Navalušić,
redovni profesor, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad,

Izdavač:
Univerzitet za poslovni inženjering i menadžment Banja Luka
PIM UNIVERZITET

Za izdavača:
Ilija Džombić, direktor

Glavni i odgovorni urednik:
prof. dr Živoslav Adamović, redovni profesor
Tehničkog fakulteta „Mihajlo Pupin" Zrenjanin

Lektor:
Mr Simo Vidović

Dizajn korica:
mr Miljana Vuković

Štampa:
Point štamparija, Banja Luka

Tiraž: 150 komada

Prvo izdanje

Banja Luka, 2015.

ISBN 978-99955-40-27-2

Objavljivanje ovog univerzitetskog udžbenika za upotrebu odobrio je Senat Univerziteta za poslovni inženjering i menadžment u Banjoj Luci odlukom
broj S-075/15 od 19.06.2015. godine

© Zabranjeno fotokopiranje, preštampavanje i drugi oblici umnožavanja ove knjige.
Sva prava zadržava izdavač.

"Pod moralnom i krivičnom odgovornošću izjavljujem da sam ja autor ovog rada te sam upoznat da sam, ukoliko se utvrdi da je rad plagijat, odgovoran za štetu pričinjenu Univerzitetu za poslovni inženjering i menadžment, kao i autoru originalnog rada."

SADRŽAJ

PREDGOVOR....13
1.0.KONSTRUISANJE....14
1.1. OPŠTE NAPOMENE....16
1.2. AKTIVNOSTI PRI KONSTRUISANJU....17
1. Tehnički zadatak....17
2. Prikupljanje informacija....18
3. Analiza informacija....18
4. Tehnički predlog....19
5. Idejni projekat....19
6. Tehnički projekat....20
7. Izrada radioničke dokumentacije za prototip, nultu seriju, probnu partiju i serijsku proizvodnju....20
1.3. SLOŽENOST PROIZVODA....20
1.4. SLOŽENOST KONSTRUKTORSKIH AKTIVNOSTI....20
1.5. PROJEKTOVANJE I KONSTRUISANJE....21
1. Proces razvoja novih proizvoda....22
1.6. STANDARDIZACIJA....26
1.7. OBLASTI STANDARDIZACIJE....28
1.8. SRPSKI STANDARDI....29
1.9. STANDARDNI BROJEVI....30
1.10.OZNAČAVANJE REDOVA STANDARDNIH BROJEVA....32
2.0. TEHNIČKO CRTANJE....35
2.1. OSNOVNE NAPOMENE....35
2.2. UVOD....35
1. Funkcija tehničkog crtanja....36
2. Pribor za tehničko crtanje....36
3. Osnovna pravila u tehničkom crtanju (norme ili standardi)....37
4. Širine linija....37
2.3. VRSTE LINIJA....38
1. Prioritet crtanja linija....44
2.4. RAZMERE....45
2.5. VRSTE CRTEŽA....45
1. Podela prema sadržini....46
2. Podela prema načinu prikazivanja....46
3. Podela prema mestu korišćenja....46
4. Podela pema nameni....46
5. Podela prema načinu izrade....47
6. Tehničko pismo....48

7. Uspravno tehničko pismoa.....51
2.6. FORMATI I SAVIJANJE CRTEŽA.....51
1. Savijanje formata.....54
2.7. ZAGLAVLJE.....57
1. Sastavnica.....58
2. Uprošćena sastavnica.....59
3. Pozicioni brojevi……...…59
4. Primer primene pozicionih brojeva ……..……60
5. Brojevi crteža ……...…60
6. Primer broja crteža……...…60
7. Tehnička dokumentacija sklopa……...……63
8. Aksonometrijski skupni crteskupni crtež……...…64
9. Ortogonalni skupni crtež……...……65
10. Razrada tehničke dokumentacije…….……65
11. Skloni crtež……...…66
12. Radionički crtež……...……67
13. Standardni delovi…….68
3.0. INŽENJERSKA GEOMETRIJA……...…68
3.1. KOORDINATNI SISTEM……...…68
1. Polarne koordinate…….……70
2. Cilindrične koordinate……...…71
3. Sferne koordinate……..72
4. Absolutne i relativne koordinate……...…73
5. Globalni i lokalni koordinatni sistemi……...……74
3.2. GEOMETRIJSKI ELEMENTI……75
1. Tačke…….……75
2. Linije…….……75
3. Tangente……75
4. Krugovi……...……77
3.3. KONUSNI PRESECI – KONIKE……...78
1. Parabola…….……78
2. Hiperbola……...…80
3. Elipse…….……81
3.4. RULETE……...…83
1. Spirala……83
2. Cikloida…….……83
3. Evolventa……...……84
3.5. KRIVE SLOBODNOG OBLIKA……85

1. Splajn……85
2. Bezijerova i B-splajn kriva……86
3.6. UGLOVI……87
3.7. RAVAN……89
3.8. POVRŠINE……90
3.9. POLIEDRI……91
3.10. PRIZME……92
3.11. PIRAMIDE……93
3.12. KRIVE POVRŠINE……94
3.13. 3D MODELIRANJE……94
3.14. MODELIRANJE POVRŠINE……97
4.0.VIZUELIZACIJA……99
1. Tehnike vizuelizacije……99
2. Presečne ravni……102
3. Simetrija……103
4. Razvijanje površina……104
4.1. VIZUELIZACIONE TEHNIKE KOD INŽENJERSKIH CRTEŽA……107
1. Projektne ravni……107
4.2. GRAFIČKA ANALIZA INŽENJERSKIH PODATAKA….
1. Vizuelizacija za dve nezavisne promenljive……111
5.0.MODELIRANJE PUNOG TELA (3D SOLID MODELIRANJE)……116
5.1. MODELRANJE POMOĆU GEOMETRIJSKIH PRIMITIVA.116
5.2. CSG (Constructive Solid Geometry) MODELIRANJE……118
5.3. MODELIRANJE "GRANIČNOM" PREZENTACIJOM (B-Rep - Boundary representation)……121
5.4. HIBRIDNO MODELIRANJE……122
5.5. MODELIRANJE BAZIRANO NA OGRANIČENJIMA…..122
5.6. MODELIRANJE OPERACIJOM IZVLAČENJA……123
5.7. ANALIZA KONAČNIH ELEMENATA……128
6.0.PROJICIRANJE……128
6.1. KARAKTERISTIKE PARALELNIH PROJICIRANJA……...132
6.2. PRIKAZIVANJE PREDMETA U JEDNOM POGLEDU…...133
6.3. AKSONOMETRIJA……133
6.4. KOSA PROJEKCIJA……139
6.5. PERSPEKTIVA……140
7.0.ORTOGONALNI CRTEŽ……146

7.1. POSTUPAK DOBIJANJA ORTOGONALNOG CRTEŽA…..147
1. Osnovna pravila ortogonalne projekcije……..147
7.2. RASPORED PROJEKCIJA(POGLEDA)…….….149
1. Evropski raspored projekcija……...…150
2. Američki raspored projekcija……...…151
7.3. POVEZANOST ORTOGONALNIH PROJEKCIJA…..……153
7.4. DOVOLJAN BROJ PROJEKCIJA……153
7.5. OSOBINE GLAVNOG POGLEDA……..156
7.6. SPECIJALNI ORTOGONALNI POGLEDI……...…158
7.7. UPROŠĆENJA KOD ORTOGONALNIH CREŽA……..159
7.8. PREDNOSTI I NEDOSTACI ORTOGONALNOG CRTEŽA.162
8.0.PRESECI NA ORTOGONALNOM CRTEŽU……...…163
1. Osnovna pravila šrafiranja……...……164
2. Vrste preseka……...…165
3. Potpun uzdužni presek…….……165
4. Pravila za crtanje preseka……167
5. Potpun poprečni presek……...….171
6. Polovični (četvrt) presek……..…173
7. Delimični presek……..…174
8. Kombinovan četvrt i delimični presek……176
9. Stepenast (izlomljen) presek……...……178
10. Zarotiran presek……...…..180
11. Okrenut presek……...…183
12. Mestimičan presek (razrez)……185
13. Kombinovani preseci…….……187
14. Presek više delova u sklopu……...….188
15. Neki primeri pravila crtanja preseka……..……189
16. Izlomljeni preseci……...……190
17. Pravila za crtanje presjeka sklopa……...…193
9.0."ČITANJE" ORTOGONALNIH CRTEŽA……194
9.1. METODA RAŠČLANJIVANJA NA SASTAVNE POVRŠINE……195
9.2. METODA ODSECANJA OD OSNOVNOG TELA……..…196
9.3. METODA RAŠČLANJIVANJA NA OSNOVNA GEOMETRIJSKA TELA……...…196
9.4. ČITANJE ORTOGONALNIH POGLEDA VERBALNOM ANALIZOM……...199
9.5. KOMBINOVANA METODA……..…….200

10.0. RAZVIJANJE POVRŠINA……..……..201
11.0. KOTIRANJE – DIMENZIONISANJE…….……203
1. Osnovni elementi kota…….……203
2. Pomoćna kotna linija……...……203
3. Kotna linija……..204
4. Kotni završetak……..……..204
5. Kotni broj……206
6. Položaj teksta na elmentima kotiranja…….……206
11.1. OSNOVNA PRAVILA KOTIRANJA……..…209
11.2. KOTIRANJE KRUŽNIH POVRŠINA……211
11.3. KOTIRANJE KUGLE (SFERE)……..213
11.4. KOTIRANJE POLOŽAJA KRUŽNIH POVRŠINA……...…213
11.5. DODATNE OZNAKE ISPRED KOTNIH BROJEVA……...215
11.6. KOTIRANJE OBORENIH IVICA (ZAKOŠENJA)…….…..215
11.7. KOTIRANJE NAGIBA, KONUSA I SUŽENJA……....216
11.8. NAČINI KOTIRANJA…….217
11.9. REDNO KOTIRANJE…….217
11.10. PARALELNO KOTIRANJE……...……218
11.11. KOMBINOVANO KOTIRANJE……...…..219
11.12. SIMETRIČNO KOTIRANJE……...…220
11.13. UPROŠĆENJA PRI KOTIRANJU……..221
11.14. KOTIRANJE NAVOJA I VIJČANIH ELEMNATA……...225
12.0. TOLERANCIJE MERA……..…227
1. Dužinske mjere……..…..228
2. Označavanje tolerancija…….…….230
3. Osnovne veličine tolerancija dužinskih mera……..231
4. Položaj tolerancijskih polja…….233
5. Tolerancije slobodnih mera…….236
6. ISO-sistem naleganja dužinskih mera…….……236
7. Označavanje naleganja……..……..239
12.1. OZNAČAVANJE TOLERANCIJA MERA NA CRTEŽIMA……...240
1. Praktični primeri upisivanja tolerancija……..….244
12.2. TOLERANCIJE SLOBODNIH MERA……..….244
13.0. TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA……...…247
13.1. SIMBOLI ZA TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA……249
13.2. NAČINI OZNAČAVANJA TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA……...…249
13.3. ZNAČENJE SIMBOLA TOLERANCIJE……251

1. Pravnost……...…252
2. Ravnost……252
3. Kružnost…….……252
4. Cilindričnost……252
5. Profil linije…….……..253
6. Profil površine……253
7. Paralelnost……..….253
8. Upravnost……...….255
9. Nagib……...…256
10. Lokacija……..256
11. Koncentričnost i koaksijalnost……...…257
12. Simetričnost…….…..257
13. Bacanje……...……258
14. Ukupno bacanje…….……259
13.4. TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA SLOBODNIH MERA……...…259
14.0.OPŠTI PRINCIPI TOLERISANJA……...……260
1. Tolerancije dužinskih mera……..……..260
2. Tolerancije uglova……....260
3. Princip omotača……....262
4. Princip maksimuma materijala……..265
15.0.OZNAČAVANJE KVALITETA I POVRŠINSKE HRAPAVOSTI……...…..267
1. Osnovni parametri hrapave površine…….……268
2. Kvalitet obrade površine……...…….269
3. Klase površinske hrapavosti……..…270
4. Veza ISO tolerancija i klasa površinske hrapavosti……..270
5. Oznaka kvaliteta obrađene površine…….……271.
6. Zbirni znak za dodatne oznake……..272
7. Oznake specijalnih karakteristika površinske hrapavosti…..273
8. Označavanje na crtežima……..…….275
9. Uprošćenja složenih oznaka……...……278
10. Praktični primeri označavanja……..…..280
16.0.RADNI NAPONI U OSNOVNIM DELOVIMA MAŠINSKIH SISTEMA……..……281
1. Definicija i podela mašinskih elemenata…….……..281
2. Opterećenje mašinskih elemenata……..…282
3. Osnovni radni naponi u delovima mašinskih elemenata……283
16.1. POJAM ELASTIČNOSTI I PLASTIČNOSTI……..…283
16.2. VRSTE OPTEREĆENJA……284
16.3. VRSTE NAPREZANJA……...……285

1. Zatezanje i pritisak……285
2. Smicanje……285
3. Savijanje……285
4. Uvijanje……286
5. Izvijanje……286
6. Složeno naprezanje……286
16.4. HUKOV ZAKON……287
16.5. RADNA SPOSOBNOST MAŠINSKIH ELEMENATA…...288
16.6. MAŠINSKI MATERIJALI……289
16.7. ČELIK……291
1. Istorija čelika……291
2. Postupak proizvodnje čelika 20 veka……292
16.8. ŠTA JE ČELIK……292
16.9. PODELA ČELIKA……294
16.10. OZNAČAVANJE UGLJENIČNIH ČELIKA SA NEGARATOVANIM HEM.SASTAVOM ……297
16.11. OZNAČAVNJE UGLJENIČNIH ČELIKA SA GARANTOVANIM HEM. SASTVOM……298
16.12. OZNAČAVANJE LEGIRANIH ČELIKA……298
16.13. DOPUNSKE OZNAKE……300
16.14. LIVENO GVOŽĐE……300
16.15. BAKAR……300
16.16. ALUMINIJUM……301
16.17. CINK……301
16.18. DRVO……301
16.19. GUMA……301
16.20. PLASTIČNE MASE……301
16.21. IZBOR MATERIJALA……301
17.0.CILJ I ZNAČAJ IZUČAVANJA MAŠINSKIH ELEMENATA……302
1. Mašinski elementi……304
2. Vrste mašinskih spojeva……305
17.1. RAZDVOJIVI SPOJEVI……306
17.2. ELEMENTI Z VEZE……307
1. Zavrtnji……307
2. Standardni profili navoja……308
3. Tolerancija navoja……312
4. Materijal za izradu navojnih delova……314

5. Vrste zavrtnjeva i navrtki……..….315
6. Opterećenje i naprezanje pokretnih navojnih spojeva……...316
7. Preseci, kotiranje i šrafiranje zavrtnjeva ……..…….318
17.3. VRSTE VIJČANIH SPOJEVA……...…323
1. Opterećenje zavrtanjske veze u toku pritezanja…….324
17.4. VIJCI……...326
1. Materijal za vijke……...……326
17.5. MATICE……..……327
1. Elementi za osiguranje……..….328
17.6. OPRUGE……...330
1. Podela opruga……...…..331
2. Materijal za opruge……...…….334
3. Crtanje opruga……334
17.7. NERAZDVOJIVI SPOJEVI……...……335
17.8. ZAVARIVANJE……..…335
1. Postupci zavrivanja……..……..336
2. Prednosti zavarivanja…….337
3. Elementi vara……....338
4. Priprema materijala za zavarivanje i vrste žljeba i spoja…...338
5. Greške u zavarenim spojevima……..…340
6. Zona uticaja temperature……..….343
7. Statički proračuni……..….345
8. Dinamički proračun……...……347
9. Prikazivanje šavaova na crtežu……..347
10. Oznaka vara na crtežu……...…….348
17.9. ZAKIVCI…….……350
1. Podjela zakovanih spojeva…….351
2. Vrste zakovica……353
3. Način zakivanja……...…..354
4. Primena zakivanja……..…355
5. Proračunavanje zakovanih spojeva……...….356
6. Materijal i označavanje zakovica……..….357
17.10. SPAJANJE LEMLJENJEM……358
1. Vrste i postupci lemljenja……..……358
2. Princip lemljenja……...….361
3. Postupci lemljenja……..……363
4. Tehnologija mehaničkog lemljenja……...……366
17.11. SPAJNJE LEPLJENJEM……367

17.12. PRENOSNICI……...…….368
17.13. MEHNAIČKI PRENOSNICI……..369
1. Vrste mehaničkih prenosnika……370
17.14. RADNE KARAKTERISTIKE PRENOSNIKA……...…..371
17.15. STRUKTURA PRENOSNIKA……...…372
17.16. FRIKCIONI PRENOSNICI……..……..372
1. Prednosti frikcionih prenosnika…….……373
2. Nedostaci frikcionih prenosnika……373
3. Podjela frikcionih prenosnika……374
4. Materijal frikcionih točkova……..378
17.17. LANČANICI……...….378
1. Osnovne karakteristike i primena lančanih prenosnika…....378
2. Prednosti primene lančanih prenosnika…….379
3. Nedostaci lančanih prenosnika…….….380
4. Konstrukciono izvođenje lančanika……..382
5. Sile i proračun lančanog prenosnika……..383
17.18. KAIŠNI PRENOSNICI……...….384
1. Osnovne vrste kaišnih prenosnika…….384
2. Prednosti primene kaišnih prenosnika……...385
3. Nedostaci primene kaišnih prenosnika……..……385
4. Podela kaišnih prenosnika…….…….385
5. Vrste kaiševa……..387
6. Zatezanje remena…….…..390
7. Geometrijske veličine kaišnih prenosnika……...…..391
8. Konstrukciono izvođenje kaišnika i remenica……..….393
17.19. UŽETNI PRENOSNICI……..……395
1. Proračun žičanog užeta……...…397
17.20. ZUPČASTI PRENOSNICI…….…397
1. Osnovne karakteristike i vrste zupčastih prenosnika……..…397
2. Prednosti zupčastih prenosnika…….…….406
3. Nedostaci zupčastih prenosnika…….406
4. Geometrijske mere cilindričnih zupčanika……...….406
5. Analiza opterećenja kod cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima…….…408
17.21. ZUPČANICI SA PRAVIM ZUBIMA……...….410
17.22. CILINDRIČNI ZUPČANICI SA KOSIM ZUPCIMA…...…410
1. Oblici razaranja bokova zubaca……...…..411
2. Materijal za izradu zupčanika……..……..412

17.23. PUŽNI PAR……...……412
17.24. PUŽNI PRENOSNIK…….…….413
1. Osnovne karakteristike pužnih parova…….……..413
17.25. OPTEREĆENJE VRATILA SA PUŽNIM ZUPČANICIMA……..…415
17.26. VRATILA I OSVINE ……417
1. Vratila……....417
2. Osovine…….…….424
17.27. OPTEREĆENJE VRATILA……...426
17.28. STATIČKA ANALIZA OPTEREĆENJA VRATILA I OTPORI OSLONACA…….…..427
1. Radni napon……..…….430
17.29. KONCENTRACIJA NAPONA…….…430
1. Deformacije vratila i osovina…….……431
17.30. OSOVINICE…….……..432
1. Funkcija i podela osvinica……432
2. Opterćenje osovinice…….….434
17.31. SPOJEVI VRATILA I ELEMENATA…….……..435
1. Spojevi pomoću žlebova, čivija i klinova…….….435
2. Klinovi bez nagiba……...……..435
3. Prednost ovih spojeva……...….435
4. Nedostatci ovih spojeva……435
5. Segmentni klinovi……..439
6. Klinovi sa nagibom……..……..440
7. Poprečni klinovi……443
8. Spojevi ostvareni žljebovima……444
17.32. ČIVIJE……445
17.33. KONUSNO STEZNI I CILINDRIČNO PRESOVANI SKLOPOVI……....446
17.34. CILINDRIČNO PRESOVANI SKLOPOVI……...451
17.35. LEŽAJI……..…..456
17.36. KLIZNI LEŽAJI……...…456
1. Podela kliznih ležišta……..…456
2. Prednosti primene……..458
3. Nedostaci primene……459
4. Nosivost kliznog ležišta…….…460
5. Hidrostatičko i hidrodinamičko podmazivanje kliznih ležajeva……..461

6. Materijali kliznih ležajeva……..…462
17.37. KOTRLJAJUĆI LEŽAJEVI……..463
1. Osnovne karakteristike i namena kotrljajnih ležajeva…...…463
2. Prednosti primene kotrljajnih ležaja u odnosu na klizne…...464
3. Nedostaci primene kotrljajnih ležajeva u odnosu naklizna…464
4. Podela kotrljajnih ležaja……464
5. Označavanje kotrljajnih ležaja……..….466
6. Ekvivalentno opterećenje i nosivost……..472
7. Podmazivanje i zaptivanje……...…..475
17.38. SPOJNICE……...476
1. Opšte o funkciji spojnica……...476
17.39. PODELA SPOJNICA……..477
1. Krute spojnice……478
2. Prilagodljive spojnice…….……479
3. Kandžasta spojnica…….……480
4. Krstasta spojnica……...……481
5. Turbofleks spojnnca……..…….482
6. Zupčasta spojnica…….……..483
7. Zglobna (kardanova) spojnica……483
8. Frikcione uključno-isključne spojnice……..….486
9. Elektromagnetne frikcione spojnice…….…….489
10. Sigurnosne spojnice……...…492
11. Centrifugalne snojnice……...…494
12. Jednosmjerne spojnice…….…..495
13. Indukcione spojnice…….…..497
14. Hidrodinamičke spojnice……...……498
15. Isključno-uključne spojnice……...……500
17.40. KOČNICE…….……..503
1. Kočnice – zadatak i podela……...….503
18.0.OSNOVNE TEHNIKE PROIZVODNIH MERENJA U MAŠINSTVU……505
1. Opšte o proizvodnim merenjima……...…….505
2. Postulati merenja……507
3. Princip rada mernih uređaja - princip merenja……..508
4. Kontaktne i bezkontaktne metode merenja……....510
5. Mehanički uređaji za kontrolu i merenje dužina i uglova…..512
6. Paralelne granične mjerke i kontrolni prstenovi……514
7. Kontrolnici……...……..516

8. Šabloni i kalibri - jednostruka namenska merila……....522
9. Granične merke za uglove……...…..524
10. Merenja i mjerni uređaji sa direktnim očitavanjem vrednosti……526
11. Greške i mjerna nesigurnost u proizvodnim merenjima……544
12. Odnos sistematskih i slučajnih grešaka……..…544
13. Apsolutna i relativna greška……...…545
14. Uticaj okoline na mernu nesigurnost merenja u proizvodnji……..545

18.1. KOORDINATNI MERNI CNC UREĐAJ NUMERIČKI MERNI CENTRI ……...….548
1. Tipovi koordinatnih CNC uređaja…….....…...548
2. Stubni tip……550
3. Horizontalni tip……..550
4. Portalni tip……..551
5. Primena kordinatnih mernih CNC uređaja……551

LITERATURA……...553

PREDGOVOR

Udžbenik predstavlja predmet Osnove mašinstva, koji slušaju studenti druge godine Tehničkog fakulteta, studijskog programa Grafičkog inženjeringa i dizajna. Iako je problematika mašinskih elemenata i konstrukcija dosta dobro pokrivena opštom literaturom, smatralo se da ipak treba izdati Udžbenik, kako bi studenti na jednom mestu imali pregled opštog mašinskog znanja sa kojima će se najčešće susretati kod klasičnih i savremenih grafičkih mašina i grafičkih proizvoda. Cilj je bio da se studenti upoznaju sa: opštim pojmovima tehničkog crtanja i nacrtne geometrijee, podelom mašina prema funkciji, standardizacijom i tolerancijama, vrstama mašinskih elemenata, dobrim i lošim stranama svake vrste, kinematikom i geometrijom mašinskih elemenata, klasifikacijama unutar vrste, osnovnim elementima proračuna čvrstoće kao i materijalima i njihovim svojstvima od kojih su mašinski delovi napravljeni; kao i osnovnim tehnikama proizvodnog merenja u mašinstvu, a sve radi sagledavanja uloge mašinskog elementa na mašini ili uređaju. Pri tome najveći akcenat je dat na poglavlju: Mašinki elementi, koje je i najobimnije i posvećeno mu je najviše nastavnih jedinica predavanja. Takodje, smatralo se da će izdavanje Udžbenika olakšati studentima pripremu ispita iz predmeta Osnovi mašinstva. Studentima se svakako savetuje da prethodno ovladaju znanjem iz Matematike I i II.

Tokom rada uložen je značajan napor kako bi se obimna i složena problematika mašinskih elemenata i njihovog proračuna, sažela u nastavne jedinice u trajanju manje od jednog semestra, i prilagodila potrebama studenata Grafičkog inženjeringa i dizajana, imajući u vidu i pojmove vezane za eksploataciju i pravilno održavanje složenih grafičkih sistema.

Na kraju, želim da se zahvalim recezentima: dr Branku Škoriću i dr Slobodanu Navalušiću redovnim profesorima Mašinskog fakulteta u Novom Sadu, na korisnim savetima i sugestijama, kao i svim čitaocima na eventualno uočenim greškama i dobronamernim primedbama, a u cilju poboljšanja kvaliteta ovog Udžbenika.

Autor

U Banjoj Luci, 2015. godine

1.0. KONSTRUISANJE

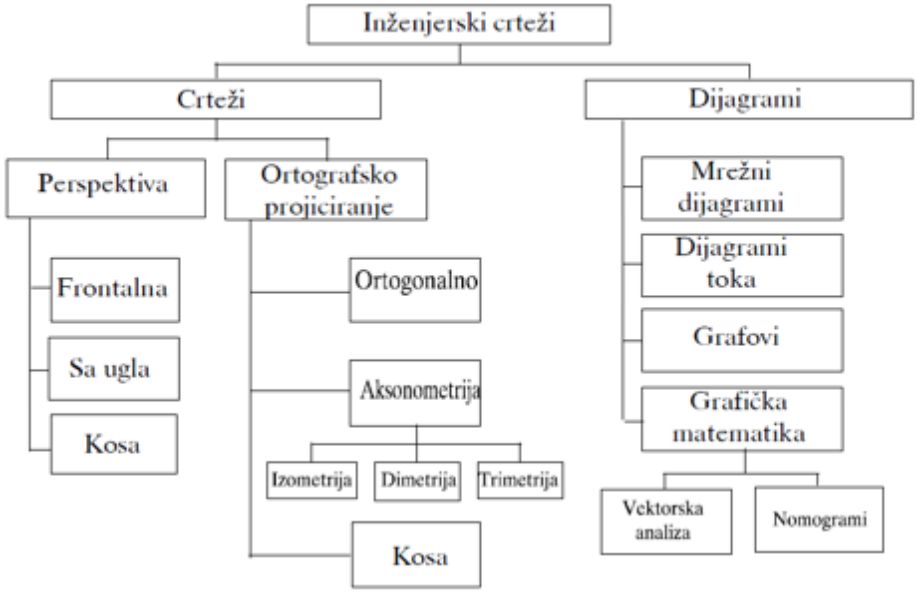
Zašto se bavimo inženjerskom grafikom? Objašnjenje se može naći u analizi obe reči. Zašto inženjerstvo? Inženjerstvo je kreativna aktivnost - profesija. Naučnici istražuju - ispituju pojave i predmete, a inženjeri kreiraju kreiraju ono što dosada nikada nije bilo. Zašto grafika? Grafika predstavlja univerzalan jezik koji se koristi i u kreativnom procesu i u komuniciranju među ljudima različitih profesija.
Podsetimo se staroegipatskih hijeroglifa. Ovo pismo je baziralo na prepoznatljivim grafičkim simbolima. Pa i znaci u kineskom pismu predstavljaju određeni sklop grafičkih simbola.
Sa druge strane, svetski jezici koriste standardne simbole, ali ne na univerzalan način. Na pr.:

Dobar dan
Hello
Bon Jour
Guten tag

Sigurno je da pomoću grafičke prezentacije danas može veoma efikasno da se komunicira. Sa korektno definisanim:

- rečnikom,
- sintaksom i
- gramatikom

za inženjersku grafiku, mogu se predstavljati objekti na univerzalan, razumljiv i nedvosmislen način.
Inženjerska grafika je sastavni deo svake od faza procesa projektovanja.
Na slici 1.0.1. data je jedna od mogućih klasifikacija inženjerskih crteža:



Sl.1.0.1. Klasifikacija crteža

U okviru ovakve klasifikacije treba spomenuti mogućnost slobodoručnog crtanja (skiciranja) koje predstavlja vrlo značajnu grafičku aktivnost u mnogim fazama procesa projektovanja.

Konstruisanje se može definisati kao transformacija ideje za realizaciju nekog novog proizvoda u projektnu dokumentaciju koja predstavlja osnovu za njegovu proizvodnju. Sa razvojem konstruisanja nastaje veliki broj raznovrsnih konstrukcija koje se mogu klasifikovati prema složenosti, stepenu promene novih principa, nameni, sadržaju procesa konstruisanja i td. Konstrukcije se obično dele na četiri osnovna tipa i to:

1. Originalne konstrukcije, kojima se daju nova, originalna rešenja principa funkcionisanja mašinskog sistema za nove, promenjene ili postojeće namene. Ukupna funkcija originalne konstrukcije se ostvaruje novim rasporedom poznatih ili novih komponenti ili delova.
2. Adaptivne (prilagođene) konstrukcije predstavljaju prilagođavanje poznatih principskih rešenja mašinskih sistema za nove zadatke koje mašinski sistem treba da izvršava.
3. Varijantne konstrukcije, kod kojih su principska rešenja i namena mašinskog sistema nepromenjeni, ali se menja veličina i,

eventualno, razmeštaj komponenti sistema. Na ovim principima se razvijaju familije konstrukcija (tipizacija ili modularno konstruisanje).

4. Ponovljene konstrukcije, kod kojih se ponavlja postojeće rešenje mašinskog sistema uz eventualne manje izmene dimenzija i materijala delova da bi se izvršila prilagođavanja uslovima izrade ili standarda.

Osnovne faze konstruisanja su:
• koncipiranje,
• formiranje konstrukcije i
• detaljno konstruisanje

Zastupljenost osnovnih faza konstruisanja zavisi od tipa konstrukcije i prikazana je u sledećoj tabeli.

Tabela 1.0.1.Faze konstruisanja

Tip konstrukcije	Faze konstruisanja		
	Koncipiranje	Formiranje	Detaljno
1. Originalno	zastupljeno	zastupljeno	zastupljeno
2. Adaptivno	moguće	zastupljeno	zastupljeno
3. Varijantno	nezastupljeno	moguće	zastupljeno
4. Ponovljeno	nezastupljeno	nezastupljeno	moguće

Mada se u postupku razvoja proizvoda teži originalnim rešenjima poznato je da su u praksi češće zastupljeni poslovi rekonstrukcija i prilagođavanja rešenja. Smatra se, prema nekim procenama, da je zastupljenost pojedinih tipova konstrukcija u mašinskoj industriji sledeća:

• adaptivne konstrukcije 55%,
• originalne konstrukcije 25% i
• varijantne konstrukcije 20%

1.1. OPŠTE NAPOMENE

Da bi se u mašinskoj industriji moglo pristupiti izradi nekog proizvoda neophodno je, pored ostalog, posedovati i tehničku dikumentaciju. Tehničku dokumentaciju sačinjava:

A - radionička dokumentacija:
- konstrukciona dokumentacija
- tehnološka dokumentacija

- konstrukcija alata,
- program i metodika ispitivanja i

B - deo komercijalne dokumentacije:
- podaci o kvalitetu
- prospektni i kataloški materijal.

Osnovni zadatak mašinskih inženjera je izrada tehničke dokumentacije, a zatim organizacija i realizacija proizvodnje i ispitivanja.
U okviru ovog predmeta razmotriće se samo izrada konstrukcione dokumentacije.
Konstrukciona dokumentacija se izrađuje po tačno određenom redosledu, kojeg propisuje svaki proizvođač, a sve u cilju obezbeđenja visokog kvaliteta konstrukcione dokumentacije, a time, u velikoj meri, i proizvoda. Propisani postupak razvoja u okviru preduzeća, tzv. scenario razvoja, je jedan od osnovnih uslova za dobijanje Sertifikata o kvalitetu koji je presudni dokumenat za izvoz robe u Evropu.

1.2. AKTIVNOSTI PRI KONSTRUISANJU

Konstruisanje se obično obavlja po sledećim etapama:
1. postavljanje zadatka,
2. prikupljanje informacija,
3. analiza informacija,
4. sastavljanje tehničkog predloga,
5. izrada idejnog projekta,
6. izrada tehničkog projekta i
7. izrada radioničke dokumentacije,

mada se, u pojedinim slučajevima, neke od njih mogu i izostaviti. U okviru tih etapa obavljaju se sledeće aktivnosti:

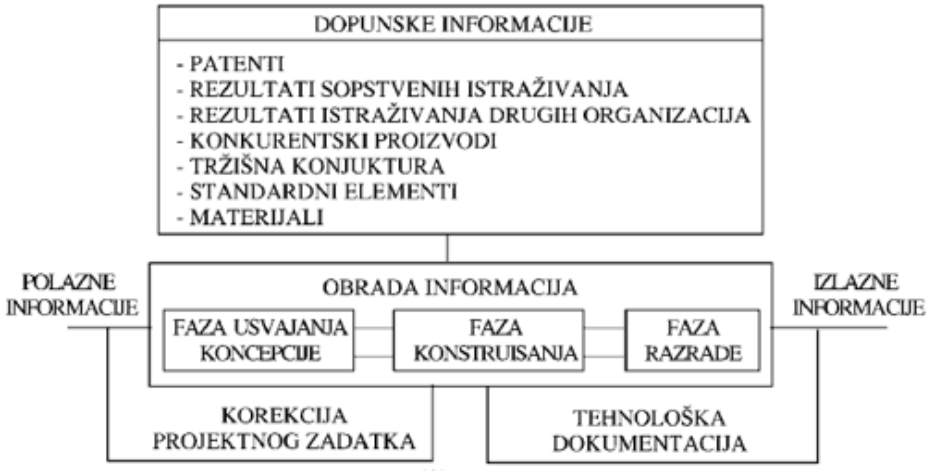
1. Tehnički zadatak

Definisanje tehničkog zadatka je polazna osnova i skoro najvažniji deo konstruisanja. U okviru njega se vrši razrada, usaglašavanje i utvrđivanje tehničkog zadatka, najčešće na osnovu marketinškog istraživanja tržišta, i izrada plana razvoja, uglavnom u vidu mrežnog dijagrama.
Kao rezultat definisanja tehničkog zadatka nastaje spisak radnih ciljeva i razne tehno-ekonomske analize koje sadrže:
- procenu plasmana,
- prikaz prisutnosti konkurencije na tržištu sa sličnim proizvodima,
- osnovne tehničke performanse proizvoda,
- zahteve za kvalitetom proizvoda,

- zakonsku regulativu i standarde koji se odnose na dotični proizvod na određenom tržištu,
- posebne zahteve kupca,
- analizu opravdanosti ulaganja sa stanovišta troškova razvoja i očekivanih tržišnih efekata,
- prikaz mogućnosti tehničke realizacije i profitabilnosti programa,
- organizacione pretpostavke za realizaciju razvoja i
- predlog plana razvoja

2. Prikupljanje informacija

Da bi se obezbedio visok kvalitet proizvoda, neophodno je prikupiti što više informacija o njemu, kako sa stanovišta izvedenih rešenja tako i sa stanovišta njihovog ponašanja u toku eksploatacije, održavanja i remonta. Tok procesa prikupljanja, obrade i razmene informacija prikazan je na sl. 1.2.1.



Sl.1.2.1.Tok procesa prikupljanja i razmene informacija

3. Analiza informacija

Za donošenje pravilnih zaključaka neophodno je izvršiti razne analize prikupljenih informacija i razna istraživanja.
Analiza informacija se sprovodi:

- metodom opservacije,
- analitičkom metodom i
- sistemskom metodom.

Metoda opservacije je najstarija matoda i podrazumeva posmatranje, opažanje i ispitivanje radi donošenja određenih zaključaka o posmatranom predmetu ili procesu.
Analitička metoda podrazumeva razlaganje, raščlanjivanje celine, pojave ili problema, na sastavne delove, kako bi se lakše proučavali ili rešavali. Pojave, pojmovi i problemi opisuju se strogimpravilima, zakonima i strukturama, najčešće matematičkim aparatom, kojim se međusobni odnosi pokoravaju.

Sistemska metoda je najnovija metoda i podrazumeva proučavanje sistema kao celine, sa svim svojim podsistemima. Primarni cilj istraživanja je saznavanje suštine celine, a ne suštine njenih delova. Ova metoda uslovljava multidisciplinarni rad..
Što se tiče samih istraživanja, postoje tri nivoa istraživanja:

- fundamentalna istraživanja,
- primenjena istraživanja i
- razvojna istraživanja

Fundamentalna istraživanja predstavljaju sve one aktivnosti koje su usmerene ka povećavanju naučnog znanja ili otkrivanju novih polja istraživanja bez određenog praktičnog cilja.
Primenjena istraživanja predstavljaju aktivnosti usmerene ka povećanju naučnog saznanja koja imaju određeni praktični cilj i značaj.
Razvojna istraživanja predstavljaju sistemsko korišćenje rezultata fundamentalnih i primenjenih istraživanja i stečenog znanja s ciljem uvođenja novih ili poboljšanja postojećih rešenja.

4. Tehnički predlog

Na osnovu provedene analize informacija, usaglašavanja i ocenjivanja, donose se određene odluke i daje se tehnički predlog, najčešće u vidu crteža opšteg izgleda i detaljnog tehničkog opisa predloženog rešenja.

5. Idejni projekat

Izrada idejnog projekta se vrši u cilju izrade i ispitivanjamakete (ako je to potrebno), usaglašavanja, ocenjivanj, odlučivanja i utvrđivanja idejnog projekta.

Idejni projekat se najčešće daje u vidu tehničkog crteža, raznih dopunskih objašnjenja, programa i metodike ispitivanja.

6. **Tehnički projekat**

Pod tehničkim projektom se podrazumeva preciznije i detaljnije definisanje proizvoda, nego što je to bilo urađeno idejnim projektom. Na osnovu njega se, u slučaju potrebe, vrši izrada funkcionalnog modela, kako bise proverila ispravnost (funkcionalnost) ideje.
U okviru njega se vrše razne optimizacije, izrada spiskova poluproizvoda, izrada raznih dopunskih informacija, programa i metodika ispitivanja.

7. **Izrada radioničke dokumentacije za prototip, nultu seriju, probnu partiju i serijsku proizvodnju**

U okviru ove etape vrši se razrada konstrukcione dokumentacije namenje za izradu i ispitivanje prototipa, izrada prototipa (proverava se ispravnost konstrukcije), izrada i fabričko ispitivanje nulte serije (proverava se ispravnost tehnologije), izrada probne partije (proverava se osvojenost tehnologije), nakon čega se vrši homologacija i izrada glavne serije.
Kao rezultat rada nastaje kompletna radionička dokumentacija za sklop, montažni crteži, sheme, specifikacije, tehnološki postupci, tehnički uslovi, program i metodika ispitivanja, patentni formulari i td.

1.3.SLOŽENOST PROIZVODA

Neosporno je da složenost proizvoda značajno utiče i na složenost i na obim aktivnosti koje treba sprovesti pri njihovom konstruisanju. Naime, velika je razlika u konstukciji, na pr.:

1. klina, zavrtnja, osovine i vratila,
2. zupčanika i mehaničkih prenosnika,
3. elektromotora,
4. veš mašina, frižidera, usisivača,
5. alatnih mašina,
6. automobila,
7. brodova,
8. aviona.

1.4. SLOŽENOST KONSTRUKTORSKIH AKTIVNOSTI

U okviru svakog nivoa složenosti proizvoda razlikuje se četiri nivoa složenosti konstruktorskih aktivnosti:

1. tipsko konstruisanje,
2. varijantno kostruisanje,
3. adaptivno konstruisanje i
4. pionirsko konstruisanje.

Tipsko konstruisanje je najniži nivo konstruisanja i svodi se, praktično, na povećanje ili smanjenje neke, već postojeće konstrukcije.
Varijantno konstruisanje predstavlja nešto viši nivo konstruisanja i sastoji se u neznatnim izmenama postojeće konstrukcije.
Adaptivno konstruisanje predstavlja viši nivo konstruisanja i sastoji se u izradi konstrukcije proizvoda koji do tada nije konstruisan u dotičnom birou, ali se takvi proizvodi izrađuju tj. konstruišu u drugim preduzećima. To znači da se adaptacijom (prilagođavanjem) neke od postojećih (sličnih) konstrukcija izrađuje nova.
Pionirsko konstruisanje predstavlja najviši nivo konstruisanja i sastoji se u konstrukciji proizvoda koji ranije nigde nije konstruisan, tj. sasvim novog proizvoda.

1.5. PROJEKTOVANJE I KONSTRUISANJE

U toku izrade konstrukcione dokumentacije evidentne su dve sasvim različite aktivnosti: projektovanje i konstruisanje.
Treba imati u vidu da su to međusobno povezani procesi, koji se uzajamno dopunjuju, a u pojedinim slučajevima čak i ne razlikuju, pošto ih obavljaju specijalisti istog profila (u ovom slučaju mašinski inženjeri), ali su to u suštini sasvim različiti procesi.
Projektovanje uvek prethodi konstruisanju i predstavlja iznalaženje naučno opravdanog inženjerskog rešenja, koje se tehnički može ostvariti i koje je ekonomski isplativo.
U okviru projektovanja vrši se izbor načina funkcionisanja, definisanje sistema koji može da obavi postavljeni zadatak pri datim uslovima i ograničenjima, određuju se osnovni tehnički parametri, vrši se njihova optimizacija i sl. Kao rezultat projektovanja nastaje projekat koji se zatim razmatra, analizira, koriguje i uzima kao osnova za dalju razradu.

Konstruisanje je kreativni proces koji se odvija po uzastopnim etapama pri čemu se polazi od ideje a na kraju se dobija konstrukciono tehnološka dokumentacija za proizvodnju mašinskog sistema. To je proces transformacije ideje u projekat kao osnove za proizvodnju. Cilj konstruisanja je da za tehničke probleme nalazi optimalna rešenja, odnosno da ispuni sve zahteve vezane za proizvodnju, eksploataciju i reciklažu, a da pri tome mašinski sistem (proizvod, konstrukcija) bude konkurentan na tržištu. Optimalna proizvodnja mašinskog sistema obezbeđena je ukoliko su svi njegovi delovi tako oblikovani, da sa minimalnom cenom i za minimalno vreme mogu biti izrađeni i ugrađeni. Za obezbeđenje kvaliteta kod velikih serija neophodna je i odgovarajuća kontrola mera i

funkcionalnosti delova. Optimalno funkcionisanje mašinskog sistema obezbeđeno je ukoliko on uspešno ispunjava predviđenu funkciju za zadate uslove eksploatacije, uz minimalni utrošak energije i minimalna opterećenja vezana za razne vrste otpora (vazduh, voda, otpori trenja, itd.). Po završenom radnom veku proizvod se izbacuje iz upotrebe. U tom smislu optimalna reciklaža sastoji se u minimalnim troškovima vezanim za preradu i ponovnu upotrebu sastavnih delova sistema.

1. Proces razvoja novih proizvoda

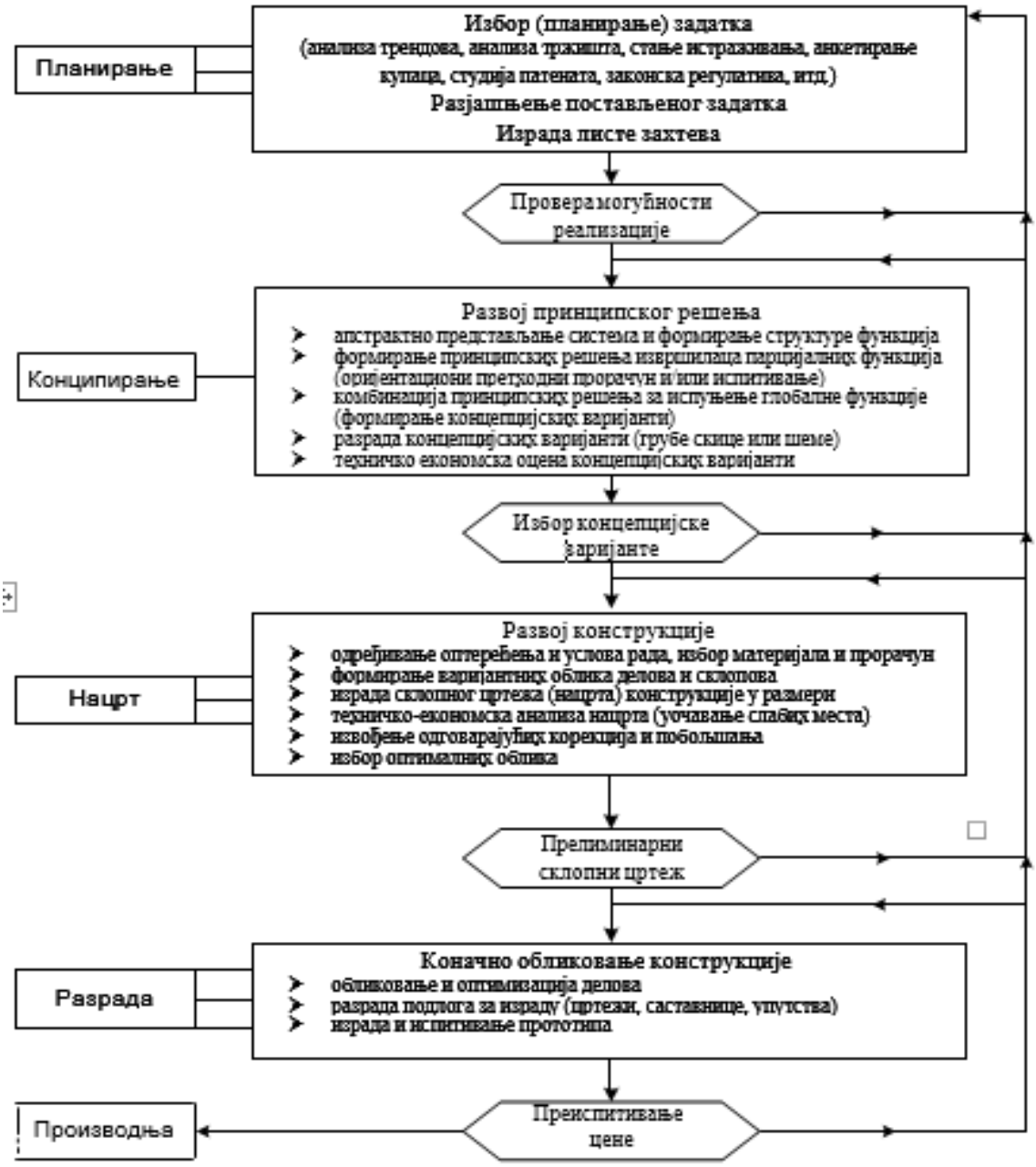
Nastajanje novih proizvoda šematski po fazama može da se predstavi prema VDI 2222 (Tabela.1.2.). Ovaj proces može da se podeli u četiri faze planiranje-koncipiranje-nacrt-razrada. Da bi se došlo do optimalnog rešenja, vrlo je važno da na samom početku procesa razvoja i konstruisanja bude razjašnjen i precizno postavljen konstrukcioni zadatak i po mogućnosti sveobuhvatno analiziran. Kao rezultat ove faze dobija se lista zahteva koje mašinski sistem treba da ispuni. Zahtevi mogu biti veoma različiti, te ih po prioritetu treba razvrstati na zahteve koji moraju biti obavezno ispunjeni, zahteve koji minimalno moraju biti ispunjeni i na željene zahteve. U tablici 1.5.1. prikazana je kontrolna lista koja može da posluži za izradu liste zahteva. Tek posle provere mogućnosti realizacije odnosno dobijanja radnog naloga (prva ključna tačka), sledi sam process konstruisanja. Druga faza je koncipiranje idejnog rešenja. Formiranjem strukture funkcija, deniveliše se opšta (globalna) funkcija na parcijalne i elementarne funkcije. Ove funkcije uglavnom se svode na transformaciju energije (sile, momenti, kretanje), prenošenje energije, itd. Za definisanje izvršilaca elementarnih funkcija polazi se od matematičkog opisa navedene transformacije. Transformacija se može ostvariti na osnovu mehaničkog principa, hidrauličkog principa, pneumatskog, električnog, magnetnog, termičkog, hemijskog, itd. principa. Najčešće je u primeni mehanički princip koji se bazira na osnovnim fizičkim zakonima. Kombinacijom pojedinih principskih rešenja dobija se veći broj koncepcionih varijanti. Ocenom ovih varijanti sa tehno-ekonomskog aspekta bira se optimalna varijanta (druga ključna tačka).

Treća faza je faza nacrta odnosno razvoja konstrukcije u kojoj se definišu izvršioci principskih rešenja. Ona obuhvata proračun, gde se najpre definišu polazne dimenzije a zatim i oblik dela. Bira se materijal i postupak izrade i utvrđuju osnovne dimenzije dela. U ovoj fazi pored kreativnosti neophodno je izvršiti veći broj iteracionih koraka, čime se uvek ide ka višem nivou u pogledu

definisanja konstrukcionog rešenja. Ovo je jako komplikovana faza jer zahteva kombinaciju proračuna i definisanje oblika i često više puta ponavljanje istih koraka uz odgovarajuće izmene. Kao rezultat ove faze dobija se preliminarni sklopni crtež, što je treća ključna tačka procesa razvoja i konstruisanja mašinskog sistema.

Četvrta faza je faza razrade odnosno konačnog oblikovanja konstrukcije. To znači ne samo izradu sklopnog crteža na osnovu početnih nacrta, već i optimizaciju oblika delova, izradu sastavnice i uputstava kao i razradu podloga za izradu kao i samu izradu prototipa. Izlaz iz ove faze je konačno određivanje i preispitivanje cene proizvoda, odnosno konstrukcije, što je četvrta ključna tačka procesa razvoja i konstruisanja. Iza toga se ili ide u proizvodnju ili u ponovno preispitivanje konstrukcije. Mašinski elementi kao izvršioci elementarnih funkcija razmatraju se u trećoj i četvrtoj fazi procesa razvoja proizvoda. Ugradnjom standardnih opštih mašinskih elemenata dobija se racionalnija i pouzdanija konstrukcija, a u isto vreme pojednostavljuje proces konstruisanja. Ukoliko se pak u konstrukciju ugrađuju izvršioci elementarnih funkcija, čiji razvoj sledi u samoj fazi konstruisanja, dobija se skuplja konstrukcija a sam proces konstruisanja je složeniji i duži.

Tabela 1.5.1. Ciklus postupka kod razvoja novog proizvoda



Pod konstruisanjem se i podrazumeva definisanje i uzajamno raspoređivanje elemenata i sklopova neke mašine ili uređaja. Konstruisanjem se definiše i način montaže, uzajamno dejstvo elemenata, konstruktivni oblik, karakteristične dimenzije, materijal, termohemijska

obrada, potrebna hrapavost, dozvoljena odstupanja kao i opšti tehnički zahtevi.

Konstruisanje se bazira na rezultatima projektovanja i precizira sva inženjerska rešenja koja su nastala pri projektovanju. Kao rezultat konstruisanja nastaje konstrukciona dokumentacija koja obezbeđuje prenos svih konstruktivnih informacija na novi proizvod, čime se obezbeđuje njegova racionalna eksploatacija.

Umesto termina "projektovanje i konstruisanje" često se koristi i termin "razvoj proizvoda". Međutim, "razvoj" nije sinonim za "projektovanje i konstruisanje" već je nešto širi pojam pod kojim se najčešće podrazumeva, pored projektovanja i konstruisanja, i naučno istraživanje i izrada tehnološke dokumentacije. Kao rezultat razvoja nastaje tzv. "tehnička dokumentacija", odnosno radionička dokumentacija koja, pored konstrukcione obuhvata i tehnološku dokumentaciju, konstrukciju alata kao i kompletnu dokumentaciju kontrole i ispitivanja. Znači praktično sve što je potrebno za izradu i ispitivanje nekog proizvoda.

Danas se projektovanje i konstruisanje vrše uz primenu računara (CAD - Computer Aided Design), čime se postižu mnogostruke prednosti:

1. obezbeđuje se veća tačnost sračunatih podataka i time i bolji kvalitet proizvoda;
2. omogućava se provođenje takvih proračuna koji se na klasičan način ne mogu obaviti. Na primer, proračuni metodom konačnih elemenata (MKE), što obezbeđuje racionalniju i pouzdaniju konstrukciju i time njen bolji kvalitet;
3. računarom je moguće izraditi prostorni (3D) prikaz projektovanog proizvoda koji omogućava, već u fazi projektovanja, uvid u stvarni izgled proizvoda;
4. računarom je moguće izvršiti i razne simulacije kretanja elemenata u okviru sklopa tako da se već u fazi konstruisanja može ustanoviti funkcionalnost sklopa;
5. računarom je moguće simulirati i ponašanje konstrukcije pri dejstvu određenih opterećenja, tako da je moguće ustanoviti kritične tačke, ako postoje, i izvršiti rekonstrukciju proizvoda;
6. crteži koji se rade računarom (2D i 3D) nesumnjivo su boljeg kvaliteta od klasičnih, jer čovek nije u mogućnosti da ih izradi tako brzo tačno i precizno kao računar;
7. primenom računara višestruko se skraćuje proces projektovanja i konstruisanja što, pored direktne uštede u vremenu, omogućava znatno kraći razvoj tj. brže pojavljivanje novog proizvoda na tržištu.

8. primena računara pri projektovanju daje mogućnost da se računarom definiše i tehnologija i režimi obrade, upravljanje mašinama, transportom i skladištima, čime se obezbeđuje znatno brža priprema proizvodnje, a time i brža izrada proizvoda. Računarom je moguće izvršiti i simulaciju kretanja alata tako da se već u fazi konstruisanja može videti da li će se taj elemenat moći izraditi i slično.
9. primenom računara i pri projektovanju i konstruisanju omogućava se potpuna kompjuterizacija procesa proizvodnje, što je i osnovni cilj savremene proizvodnje.

1.6. STANDARDIZACIJA

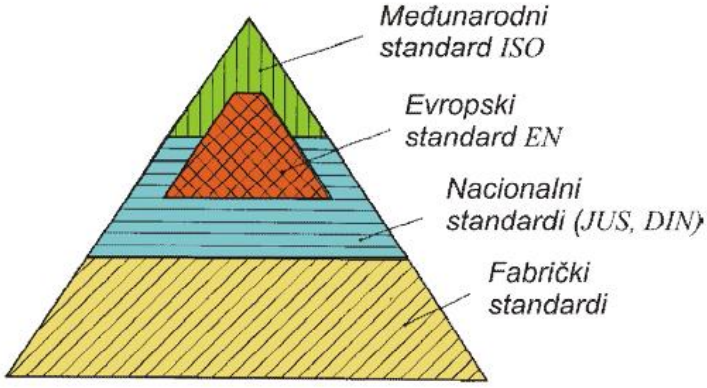
Sve aktivnosti u tehnici, počev od izrade konstrukcione dokumentacije, preko izrade proizvoda, njegovog ispitivanja i pakovanja, regulisane su standardima.
Standardi predstavljaju propise, utvrđene od strane ovlašćenih organa, čiji je osnovni cilj postizanje određenih ekonomskih ili nekih drugih pogodnosti.
Pod standardizacijom se podrazumeva delatnost koja, pored donošenja i tumačenja standarda, vrši nadzor nad njihovom primenom, u vidu provere tehničke dokumentacije i kvaliteta gotovih proizvoda.
Osnovna svrha standarda je stvaranje određene jednoobraznosti koja treba da uzrokuje jednostavniju (racionalniju), kvalitetniju i ekonomičniju konstrukciju, proizvodnju, ispitivanje, pakovanje, transport, nabavku, eksploataciju, održavanje i remont proizvoda.
U našoj zemlji standardizaciju sprovodi „Savezni zavod za standardizaciju ‰ čija je osnovna delatnost definisanje i izdavanje Srpskog standarda SRPS, koji je stvoren na osnovama nekadašnjeg jugoslovenskog standarda (JUS).
Standardi treba da omoguće i veći razvoj industrijske saradnje između pojedinih zemalja, obzirom da se nacionalni standardi uklapaju u međunarodne standarde i preporuke koje donosi Međunarodna organizacija za standardizaciju ISO (International Standardising Organisation). Međunarodne preporuke nisu obavezne za primenu, ali ih zemlje članice mogu usvojiti u celosti ili delovima, kao osnovu za izradu svojih nacionalnih standarda. Međunarodni standardi se usvajaju samo u slučaju da su sa time saglasne sve članbice ISO-a.

Standardizacija se u mašinstvu najpre počela razvijati u okviru preduzeća, da bi razvojem tehnike najpre dobila nacionalni, a zatim i internacionalni

značaj. Danas sve industrijski razvijene zemlje imaju svoje komisije za standardizaciju, koje sastavljaju predloge standarda, posle čijeg usvajanja su ovi standardi obavezni za celu privredu dotične zemlje. U cilju da standardi imaju širu međunarodnu osnovu osnovana je 1926. godine međunarodna organizacija *ISA* (International Federation of the National Standardising Associations). Oktobra 1946. promenjen je naziv ove organizacije u *ISO* (International Standardising Organisation), i pod tim nazivom ova organizacija i dalje radi. Ovom organizacijom upravlja generalni sekretarijat čije je sedište u Ženevi. Naša zemlja je član ove organizacije. Pri donošenju odluka u okviru *ISO* svaka zemlja član ima samo jedan glas.

Pored međunarodne organizacije za standardizaciju, postoji i evropski komitet za
standardizaciju - *CEN* (Comité Européen de Normalisation) kao institucija za standardizaciju evropske ekonomske zajednice (*EG*). Pri donošenju odluka u *CEN* težina glasa svakog člana zavisi od stepena razvijenosti privrede zemlje.

Donošenje standarda teče sledećim redosledom. Usklađivanjem izvesnog broja internih standarda, donose se nacionalni standardi, a usklađivanjem nacionalnih standarda donose se evropski standardi (EN), odnosno međunarodni standardi (*ISO*). Na sl. 1.6.1. prikazana je piramida standard različitih nivoa.



Sl.1.6.1 Proces donošenja standard

Nacrt predloga standarda može da izradi bilo koja fabrika sama ili u saradnji sa drugim fabrikama, organizacijama ili ovlašćenim državnim organima.

Nacionalni standardi se donose usaglašavanjem postojećih fabričkih standarda, pri čemu moraju biti ispunjena sledeća načela:

- obavezna primena standardnih brojeva i međunarodnog sistema jedinica (SI),
- obavezna povezanost sa internacionalnim standardima (ISO) radi mogućnosti izlaska na međunarodno tržište,
- međusobna logička i funkcionalna povezanost standarda,
- međusobna usaglašenost standarda raznih grana i oblasti,
- standardi mogu sadržati samo rešenja proverena u praksi i sl.

Oznaka najznačajnijih nacionalnih standarda, pojedinih zemalja, su:

NF - Francuska
UNI - Italija
JIS - Japan
DIN - Nemačka
GOST - Rusija
ANSI - USA
BS - Velika Britanija

Usaglašavanjem pojedinih nacionalnih standarda donose se međunarodne preporuke, tzv. ISO standardi.
U povratnom toku, na bazi ISO standarda, donose se nacionalni standardi, a po potrebi na osnovu ISO i/ili nacionalnih standarda mogu se formirati i fabrički standardi.

1.7. OBLASTI STANDARDIZACIJE

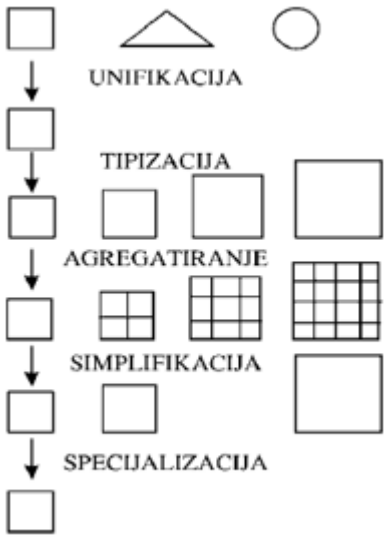
Osnovne oblasti standardizacije su (sl.4):

- unifikacija,
- tipizacija,
- agregatiranje,
- simplifikacija i
- specijalizacija

Pod unifikacijom se podrazumeva utvrđivanje zajedničkih tipova, vidova i geometrije proizvoda koji imaju istu funkcionalnu namenu.
Tipizacija predstavlja sređivanje po vrstama, tj. izbor i razradu najuspešnijih i najcelishodnijih tipova iz celog niza postojećih proizvoda, oblika, veličina, kvaliteta i sl. 1.7.1.
Pod agregatiranjem se podrazumeva raščlanjivanje mašine ili uređaja na posebne, odvojene, blokove (agregate, sklopove, delove), od kojih se potom mogu kompletirati raznovrsni tipovi univerzalnih mašina i uređaj
Pod simplifikacijom se podrazumeva uprošćavanje, tj. ograničavanje vrsta i asortimana materijala, polufabrikata, goriva, maziva i ostalog što se

primenjuje u procesu proizvodnje. Njen osnovni zadatak je pojednostavljivanje proizvodnje isključivanjem suvišnih, necelishodnih tipova.

Specijalizacija podrazumeva stručno usavršavanje kojim se postiže, na primer u proizvodnji primenom najproduktivnijih tehnologija, znatno smanjenje troškova i opšte povećanje kvaliteta proizvoda.



SL.1.7.1. Osnovni oblast standardizacije

1.8. SRPSKI STANDARDI

Jugoslovenski standardi su razvrstani u grane, glavne grupe i grupe (sl. 1.8.1.)



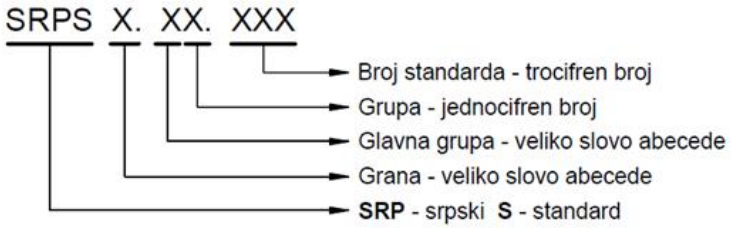
Sl.1.8.1. Kalsifikacija Srpskog standarda

Označavanje se vrši na sledeći način:

- grane se označavaju velikim slovima od A do Z
- glavne grupe se takođe označavaju velikim slovima od A do Z
- grupe se označavaju brojevima od 0 do 9

- standardi, u okviru grupa, se označavaju trocifrenim brojevima od 001 do 999

Oznaka za identifikaciju Jugoslovenskog standarda sastoji se od oznake Srpskog standarda SRPS, (sl.1.8.2.)
Srpski standardi se označavaju prema sledećoj strukturi: SRPS X. XX. XXX Grana - veliko slovo abecede SRP - srpski S – standard Glavna grupa - veliko slovo abecede Broj standarda - trocifren broj Grupa - jednocifren broj



Sl.1.8.2. Prikaz postupka formiranja oznake standarda

Najznačajniji SRPS standardi za tehničko crtanje, prikazani su u tabeli

NAZIV	OZNAKA
Tehničko pismo	SRPS A.A0.101 SRPS A.A0.102 SRPS A.A0.103
Format crteža	SRPS A.A0.104
Razmera	SRPS A.A0.106
Opšti princip prikazaivanja	SRPS A.A0.110
Zaglavlje	SRPS A.A0.040
Sastavnica	SRPS M.A0.041
Kotiranje	SRPS A.A0.114
Tolerancija oblika i položaja	SRPS M.A1.243
Označavnje stanja površine	SRPS M.A0.065

1.9.STANDARDNI BROJEVI

Standardni brojevi predstavljaju izbor brojeva koji se koriste za merne veličine u mašinstvu. Primenom standardnih brojeva se pri tipizaciji mašina i uređaja ograničava broj mogućih izvođenja u pogledu veličine, snage, obrtnog momenta, brojeva obrtaja, protoka, itd. Na taj način ograničava se i broj mogućih alata za proizvodnju sastavnih delova, što dovodi do racionalnije proizvodnje.

Uočavajući slabosti aritmetičkog i geometrijskog reda francuski pukovnik Renard je, krajem XIX veka, uveo pojam standardnih brojeva i zato, po njemu, oni nose oznaku "R" (Renardovi brojevi). Redovi standardnih brojeva zasnovani su na postavkama geometrijske progresije, a njihova specifičnost se ogleda u načinu izbora faktora porasta qr tj.

$$q_r = \sqrt[n]{\frac{a_n}{a_0}}$$

gde su: qr - faktor porasta standardnog reda; r - oznaka osnovnog standardnog reda koja označava broj intervala između prvog a0 i poslednjeg an člana dotičnog reda.
Za standardne brojeve je usvojen odnos, pa sledi da je:

$$\frac{a_n}{a_0} = 10 \qquad\qquad a_r = \sqrt[r]{10}$$

Našim standardom je predviđeno pet standardnih redova (četiri osnovna i jedan izuzetni) r=5; 10; 20; 40; 80
Svi ovi redovi za nulti član imaju broj "1" a za poslednji "10". Prema tome, kod svih ovih redova, odnos bilo koja dva uzastopna člana iz istog reda je približno konstantan tj.:

$$q_r = \frac{a_n}{a_{n-1}} = \text{const}$$

Prema osnovnim zakonitostima geometrijske progresije, uz pretpostavku da je nulti član jednak jedinici (a_0=1), proizilazi da se vrednosti bilo kog člana mogu računati po izrazu:
Obzirom da se brojevi sračunati na ovakav način ne mogu biti "okrugli brojevi", oni se zaokružuju, čime se narušava geometrijska progresija, ali pošto je to odstupanje veoma malo (+1,26% do -1,01%) ono se zanemaruje i smatra se da standardni brojevi u potpunosti zadovoljavaju geometrijsku progresiju.

$$a_n = q_r^n$$

Za standardne brojeve usvojene su zaokružene vrednosti članova geometrijskih redova:

R5	sa količnikom	$q = \sqrt[5]{10} \cong 1{,}6$
R10	sa količnikom	$q = \sqrt[10]{10} \cong 1{,}25$
R20	sa količnikom	$q = \sqrt[20]{10} \cong 1{,}12$
R40	sa količnikom	$q = \sqrt[40]{10} \cong 1{,}06$

Izuzetno se može koristiti i red R80 sa količnikom $q = \sqrt[80]{10} \cong 1{,}03$

Tablice standardnih brojeva su formirane za interval brojeva od 1 do 10. Veće vrednosti od ovih dobijaju se množenjem brojeva iz intervala od 1 do 10 sa 10, 100, 1000 i td., a manje, deljenjem sa 10, 100, 1000 i td.
Na osnovu tabele može se videti da je broj članova u decimalnom intervalu (od 1 do 10) reda R5 - pet, R10 - deset, R20 - dvadeset i R40 - četrdeset, na sonovu čega se može grubo zaključiti da će proizvodi urađeni po redu R40 biti oko 8 puta skuplji nego da su urađeni po redu R5, obzirom da imaju 8 puta više članova.
U tabeli prikazani su i "nazivni brojevi" standardnih brojeva koji u suštini predstavljaju logaritme dotičnih standardnih brojeva za osnovu q_{40}.
Posmatrajući standardne brojeve u osnovnom intervalu od 1 do 10, sledi da je za:

$a_0 = 1 = q_r$ nazivni broj N=0
$a_1 = a_0 q_r^{\,1} = q_r^{\,1}$ nazivni broj N=1
$a_2 = a_1 q_r = a_0 q_r^{\,2} = q_r^{\,2}$ nazivni broj N=2
...
$a_n = a_m q_r^{\,n-m} = a_0 q_r^{\,n} = q_r^{\,n}$ nazivni broj N=2

tj., nazivni broj je broj kojim treba stepenovati osnovu (qr) da bi se dobio odgovarajući numerus (an).
Nazivni brojevi se koriste prilikom računanja sa standardnim brojevima.

1.10. OZNAČAVANJE REDOVA STANDARDNIH BROJEVA

Označavanje redova standardnih brojeva se vrši oznakom "R" i cifrom "r" koje definišu karakteristike reda (Rr:R5; R10; R20; R40 i R80).
Redovi standardnih brojeva označeni sa R5, R10, R20, R40 i R80 su neograničeni u oba smera. Ograničeni redovi standardnih brojeva sadrže samo određene članove reda i označavaju se oznakom:

$$Rr(...10^{n/r}...)$$

gde su: Rr - oznaka osnovnog reda; (...$10^{n/r}$...) oznaka bilo kog člana koji se nalazi u ograničenom redu. Redovi mogu biti ograničeni sa donje, gornje i sa donje i gornje strane.
Do sada razmatrani standardni redovi predstavljaju rastuće redove gde je svaki naredni član veći od prethodnog

$$a_n > a_{n-1}$$

pri čemu je $a_n=a_{n-1}$ qr, odnosno, qr > 1

Međutim, ako se javi potreba za opadajućim redovima kod kojih je:

$$a_n < a_{n-1}$$

što znači da je:
$an=a_{n-1}/qr=a_{n-1}q_{r-1}$, odnosno 0 < qr < 1

Označavanje opadajućih standardnih redova se vrši oznakom $R_{r/-1}$

Izvedeni redovi se formiraju iz standardnih redova na taj način što se uzima svaki drugi, treći ili f-ti član za članove tog novog - izvedenog reda.
Označavanje izvedenih redova se vrši na sledeći način:
Rr/f - R20/2; R40/3 ....
Rr/-f - R20/-3; R5/-2 ..
U sledećoj tablici (1.10.1.) dati su faktori porasta pojedinih izvedenih redova.

Tabela 1.10.1. Redovi standardnih brojeva

FAKTOR PORASTA	REDOVI STANDARDNIH BROJEVA					
	OSNOVNI	IZVEDENI				
		R80/f	R40/f	R20/f	R10/f	R5/f
1,03	R80	-	-	-	-	-
1,06	R40	R80/2	-	-	-	-
1,12	R20	R80/4	R40/2	-	-	-
1,25	R10	R80/8	R40/4	R20/2	-	-
1,60	R5	R80/16	R40/8	R20/4	R10/2	-

Tabela 1.10.2. Osnovni standardni redovi

Osnovni redovi				Izuzetni red	
R 5	R 10	R 20	R 40	R80	
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
			1,06	1,06	1,03
		1,12	1,12	1,12	1,09
			1,18	1,18	1,15
	1,25	1,25	1,25	1,25	1,22
			1,32	1,32	1,28
		1,40	1,40	1,40	1,36
			1,50	1,50	1,45
1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,55
			1,70	1,70	1,65
		1,80	1,80	1,80	1,75
			1,90	1,90	1,85
	2,00	2,00	2,00	2,00	1,95
			2,12	2,12	2,06
		2,24	2,24	2,24	2,18
			2,36	2,36	2,30
2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,43
			2,65	2,65	2,58
		2,80	2,80	2,80	2,72
			3,00	3,00	2,90
	3,15	3,15	3,15	3,15	3,07
			3,35	3,35	3,25
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,87
			4,25	4,25	4,12
		4,50	4,50	4,50	4,37
			4,75	4,75	4,62
	5,00	5,00	5,00	5,00	4,87
			5,30	5,30	5,15
		5,60	5,60	5,60	5,45
			6,00	6,00	5,80

6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,15
			6,70	6,70	6,50
		7,10	7,10	7,10	6,90
			7,50	7,50	7,30
	8,00	8,00	8,00	8,00	7,75
			8,50	8,50	8,25
		9,00	9,00	9,00	8,75
			9,50	9,50	9,25
					9,75
10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	

2.0. TEHNIČKO CRTANJE

2.1. OSNOVNE NAPOMENE

U ovom poglavlju dat je sažeti pregled osnovnih pojmova i pravila tehničkog crtanja. Učenjem iznensenog gradiva studenti kroz nekoliko uvodnih predavanja obnavljaju osnovna znanja stečena u srednjoj školi, proširuju ih i produbljuju. Pri tome usvajaju i način rada na predmetu, pristup gradivu i učenju. Svrha ovog poglavlja jest ujednačavanje i proširenje prethodno stečenih znanja na razini primjerenoj studentima pripremnog stupnja studija elektrotehnike. Gradivom je obuhvaćen niz temeljnih pojmova tehničkog crtanja uključujući formate crteža, zaglavlje i sastavnicu, pozicijske brojeve, mjerila, vrste crta i njihove namjene, tehničko pismo, ortogonalnu projekciju, prostorni prikaz. Na sažet način obuhvaćena su i osnovna pravila kotiranja. U drugom dijelu poglavlja opisane su neke vrste grafičkih prikaza koje se uobičajeno koriste u tehničkoj dokumentaciji i inženjerskoj praksi u kojima nije cilj realističan prikaz fizičkog oblika objekta ili sustava nego njegove funkcionalne strukture i načina funkcioniranja. U tom dijelu obuhvaćeni su shematski prikazi i dijagrami. Pri tome je posebice istaknuta uporaba skupa standardnih simbola koji omogućavaju jednosatavan i transparentan način prikaza i prijenosa informacije o složenim sustavima.

2.2. UVOD

Da bismo u tehnici, pa prema tome i u strojarstvu, mogli kvalitetno komunicirati od projekta do izvedbe i kontrole objekta neophodno je imati takvu dokumentaciju koja osigurava usklađeno djelovanje svih subjekata. Tu usklađenost osigurava prvenstveno grafička komunikacija preko

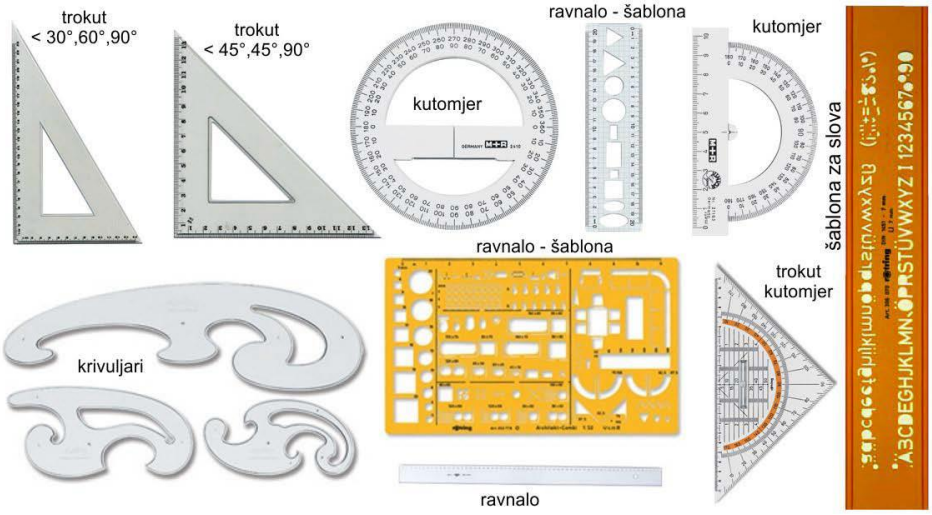
tehničkih crteža i to je i u prošlosti i u današnje vrijeme najrasprostranjeniji jezik na svijetu. Zašto? Zato što ispravno koncipiran tehnički crtež jednako čitaju bravari, tehničari ili inženjeri na svim kontinentima i u svim zemljama svijeta. Zato što se iz takve komunikacije svugdje na svijetu proizvede isti proizvod.

1. Funkcija tehničkog crtanja

Tehničko crtanje omogućava da se trodimenzionalni predmet prikaže u ravnini crteža i obratno. Ono (TC) se bazira na principima nacrtne geometrije i pravilima tehničkog crtanja koja se propisuju radi postizanja jednoobraznosti. Osnovni princip tehničkog crtanja je jednostavnost. To znači da tehnički crtež mora biti jasan, pregledan i precizan tj. da se na njemu jednostavno mogu odrediti sve dimenzije predmeta! Drugim riječima cilj strojarskog tehničkog crtanja je da se kroz tehnički crtež ili skup crteža u potpunosti jednoznačno definiraju funkcija, oblik, dimenzije, materijal, vrste obrade, kvaliteta i druge karakteristike strojnih dijelova i sklopova kao podloga za proizvodnju

2. Pribor za tehničko crtanje

U pribor za tehničko crtanje spada tehnička olovka, trokuti, ravnala, kutomjeri, krivuljari , šablone i šestari, slika 2.2.1.





Sl.2.2.1. Pribor za crtanje

3. Osnovna pravila u tehničkom crtanju (norme ili standardi)

Osnovna pravila u tehničkom crtanju obuhvaćaju: širinu crta, vrste crta, veličinu i oblik tehničkog pisma, izgled i način kotiranja, formate papira mjerila za crtanje i zaglavlje crteža. Navedena pravila i druga pravila u tehnici vrijede u svim zemljama svijeta i nazivaju standardi ili norme. Hrvatske norme imaju oznaku HRN, Europske norme imaju oznaku EN, a internacionalne norme imaju oznaku ISO. Postoje i druge norme.

4. Širine linija

Širine linija se označavaju bojama, npr.: 0.7 – plavom, 0.5 smeđom, 0.35 – žutom, 0.25 – bijelom itd., prikazano na slici 2.2.2.



Sl. 2.2.2. Širina linija

Prema ISO standard na jednom se crtežu primjenjuju tri širine linija npr:

- 0.7 mm, 0.5 mm i 0.35 mm
- 0.5 mm, 0.35 mm i 0.25 mm
- 0.35 mm, 0.25 mm i 0.18 mm

U sveskama se najčešće crta tehničkom olovkom širinom linije 0.5 mm. Uz malu vježbu lako se povlače uže linije 0.35 mm i još uže 0.25 mm.
Za crtanje na računaru kad je predviđen ispis na formatu A4 dobri se rezultati postižu grupom linija 0.35, 0.25 i 0.18 mm.

2.3. VRSTE LINIJA

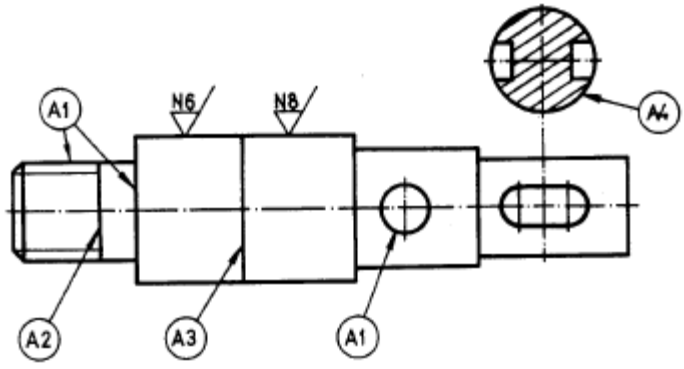
U tehničkom crtanju koriste se tačno određene linije po debljini i obliku, što je definisano standardom. Odnos debljina debele i tanke linije mora, najmanje, biti 2:1. Izgled, naziv i primena linija u tehničkom crtanju su dat na sl. 2.3.1..

Tip linije	Naziv i izgled linije	Primena	Prikazano na sl. broj
1	2	3	4
A	Puna, debela	1. Vidljive ivice i konture 2. Kraj zavojnice 3. Prelazak između različitog kvaliteta obrade ili tolerancije na glatkom delu predmeta 4. Zaokrenut presek nacrtan van mesta gde se on stvarno nalazi	Sl.4.6 Sl.4.21
B	Puna, tanka	1. Pomoćne kotne linije 2. Glavne kotne linije 3. Pokazne linije 4. Šrafurne linije 5. Linije imaginarnog prodora 6. Konture zaokrenutog preseka 7. Dubina zavojnice 8. Blagi konturni prelazi 9. Završetak pokazne linije 10. Kratke osne linije 11. Označavanje ravnih površina 12. Podnožni prečnik zupčanika 13. Označavanje detalja predmeta	Sl.4.7 Sl.4.8 Sl.4.9 Sl.4.21
C	Puna, tanka, izvučena slobodnom rukom	1. Linije delimičnih preseka 2. Linije skaraćenih pogleda	Sl.4.10 Sl.4.21
D[1)]	Puna, tanka (prava) sa cikcakom	Isto gde i linija tipa C	Sl.4.11
E	Isprekidana, debela	Zaklonjene (nevidljive) ivice i konture predmeta	Sl.4.12
F[2)]	Isprekidana, tanka	Isto gde i linija tipa E	Sl.4.13 Sl.4.21

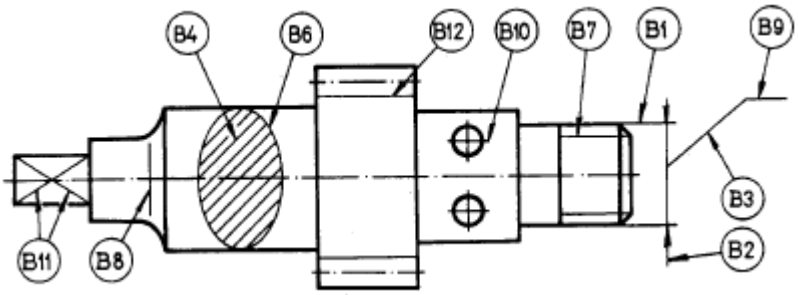
1	2	3	4
G	Crta-tačka-crta, tanka	1. Osne linije 2. Simetralne linije 3. Putanje (trajektorije) pokretnih tačaka	Sl.4.14 Sl.4.15 Sl.4.21
H	Crta-tačka-crta, tanka, zadebljana na krajevima i na mestima promena pravca	Za označavanje tragova ravni presecanja	Sl.4.16 Sl.4.21
J	Crta-tačka-crta, debela	Za linije i površine kojima se postavljaju specijalni zahtevi	Sl.4.17
K	Crta-dve tačke-crta, tanka	1. Za konture susednih delova 2. Alternativni i krajnji položaji pokretnih delova 3. Težišne linije 4. Polazne konture pre završnog oblikovanja 5. Za delove koji se nalaze ispred ravni zamišljenog presecanja	Sl.4.18 Sl.4.19 Sl.4.20 Sl.4.21
Napomena: 1) Koristi se kod mehanizovanog crtanja. 2) Na jednom crtežu može biti samo jedna alternativa E ili F.			

Sl.2.3.1. Primena linija u tehničkom crtanju

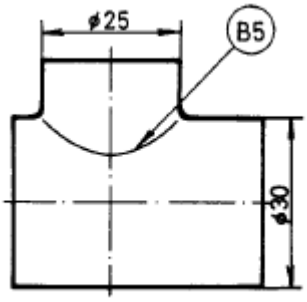
Na slikama 2.3.1. do 2.3.16. dati su primeri upotrebe pojedinih linija u tehničkom crtanju.



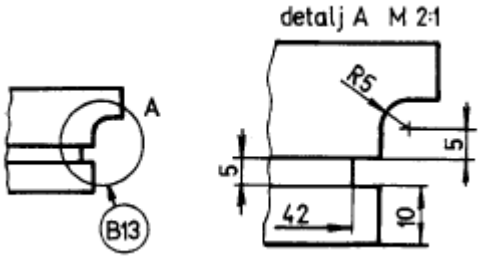
Sl. 2.3.1. Primena linije tipa A



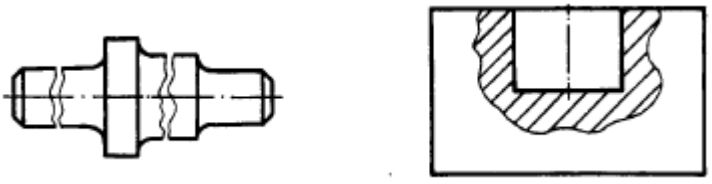
Sl.2.3.2. Primena linije tipa B



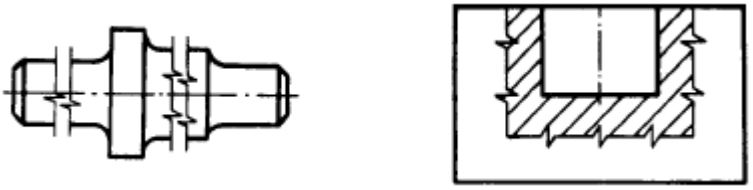
Sl.2.3.3. Primena linije tipa B za imaginarni prodor



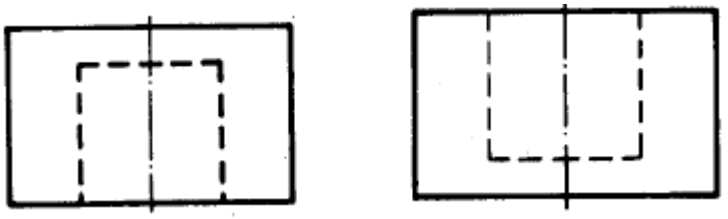
Sl.2.3.4. Primena linije tipa B za označavnje detalja predmeta



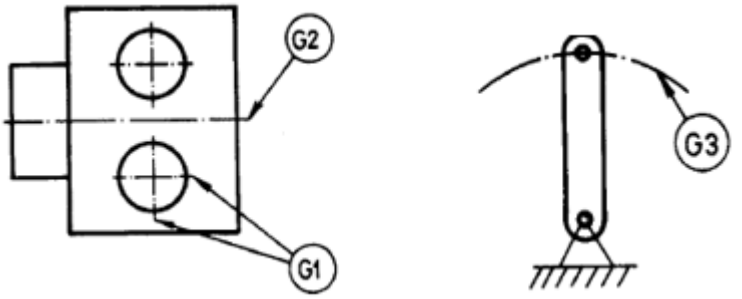
Sl.2.3.5. Primena linije tipa C



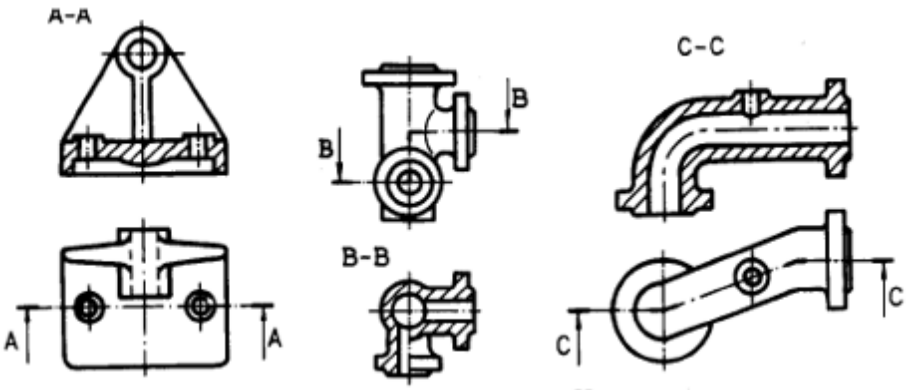
Sl.2.3.6. Primena linije tipa D



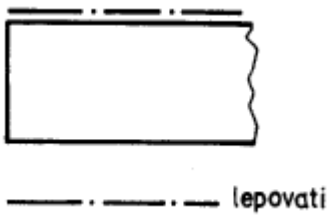
Sl.2.3.7. Primena linije tipa E *Sl.2.3.8. Primena linije tipa F*



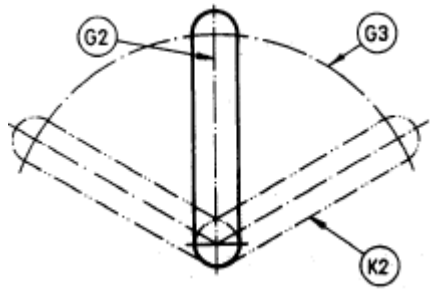
Sl.2.3.9. Primena linije tipa G *Sl.2.3.10. Primena linije tipa G za putanje*



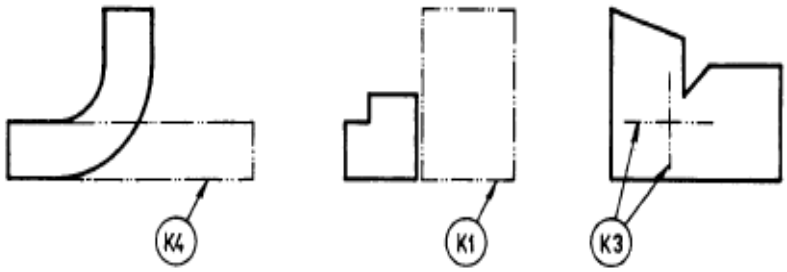
Sl.2.3.11. Primena linije tipa H



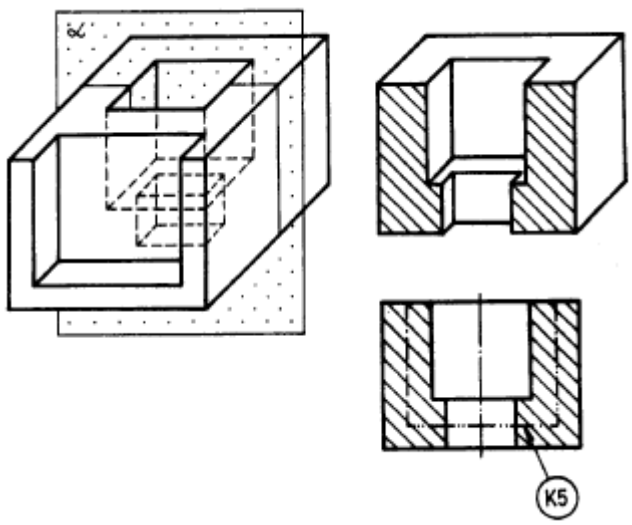
Sl.2.3.12. Primena linije tipa J



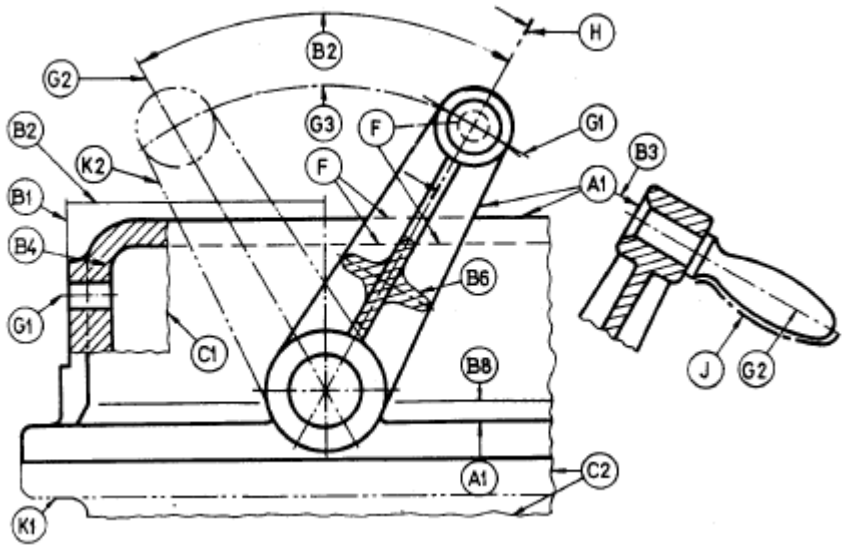
Sl.2.3.13. Primena linije tipa K i G



Sl.2.3.14. Primena linije tipa K



Sl.2.3.15. Primena linije tipa K za konturu ispred ravni odsecanja



Sl.2.3.16. Primena različitih vrsta linija

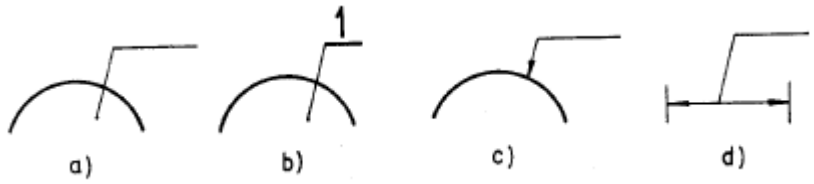
1. Prioritet crtanja linija

Kada se poklope više različitih vrsta linija (kada se istovremeno nađu na istom pravcu) tada jre prioritet crtanja sledeći:

1. Vidljive ivice - linije tipa A,
2. Konture predmeta ispred ravni odsecanja; konture predmeta pre oblikovanja; težIšne linije; konture sussednih delova - linija tipa K
3. Zaklonjene ivice i konture - linije tipa E i F,
4. Ravni presecanja - linije tipa H
5. Osne linije, simetrale - linija tipa G
6. Pomoćne kotne linije - linije tipa B
7. Linije skraćenih pogleda i delimičnih preseka - linije tipa C i D

Pokazne linije

Pokazne linije imaju široku primenu u tehničkom crtanju. Crtaju se linijom tipa B. Međutim, mogu imati različitr završetke. Ako se pokazna linija završava u okviru konture predmeta, tada se stavlja tačka na njenom kraju. Na drugom kraju takve pokazne linije može da bude završetak u vidu tanke linije, ili debele linije. Kada se završa tankom linijom, tada na njoj stoji neka oznaka ili objašnjenje, a ako je debela linija, na njoj stoji pozicioni broj 2.3.17. Pokazna linija se na jednom kraju završava strelicom, a na drugom tankom linijom kada upućuje na konturu predmeta. Ako se pokazna linija upućuje na kotnu liniju, tada je na tom kraju i bez tačke i bez strelice, a na drugom je tanka linija.



Sl.2.3.17. Pokazne linije

2.4. RAZMERE

Razmera predstavlja odnos između mera (dimenzija) predmeta na crtežu i stvarnih mera na samom predmetu. Predmet se na crtežu može crtati u pravoj (prirodnoj) veličini koja se označava 1:1. Ako je predmet veći od formata papira, crta se sa umanjenjem koje se označava 1:X, a ako je manji crta se sa uvećanjem koje se označava X:1. Vrenosti razmere za uvećanje i umanjenje date su u tabeli 2.4.1.

Tabela. 2.4.1. Vrednosti standardnih razmera

Vrsta razmere	**Vrednosti**		
Stvarna veličina	1:1		
Razmere za umanjenje 1:X	1:2 1:20 1:200 1:2000	1:5 1:50 1:500 1:5000	1:10 1:100 1:1000 1:10000
Razmere za uvećanje X:1	2:1 20:1	5:1 50:1	10:1

Na jednom crtežu se može koristiti više razmera. Osnovna razmera se upisuje u odgovarajuću rubriku zaglavlja crteža. Sitni detalji se mogu uvećati, a pored tog detalja se označi razmera koja je različita od osnovne razmere.

Izbor razmere zavisi od veličine i složenosti predmeta koji se crta. Mora biti takva da je crtež dovoljno precizan i jasan i da je usklađena sa formatom papira.

2.5. VRSTE CRTEŽA

U tehnici se koriste različite vrste crteža, zavisno od načina crtanja, mesta korišćenja, šta je nacrtano, gde će se crtež koristiti itd. Dele se prema:
Sadržini
1. Načinu prikazivanja
2. Mestu korišćenja
3. Nameni i

4. Načinu izrade

1. **Podela prema sadržini**

***Sklopne crteže* tj**. više mašinskih delova povezanih u jednu funkcionalnu i tehnološku celinu predstavljaju sklop. Skup crteža koji prate sklop (crteži glavnog sklopa, podsklopova i mašinskih delova) predstavljaju njegovu tehničku dokumentaciju.

Za razradu tehničke dokumentacije sklopa primenjuju se standardi i principi tehničkog crtanja. Pre izrade pratećih tehničkih crteža sklopa potrebno je da se utvrdi:

- kakvu funkciju ima sklop
- kakva je uloga pojedinih delova sklopa u toku rada•u kakvoj su međusobnoj vezi pojedini delovi sklopa i
- oblik i mere pojedinih delova sklopa i materijal od koga su oni izrađeni

Detaljne crteže, koji predstavljaju crtež jednog detalja elementa, koji se ne može rastavljati bez razaranja.

2. **Podela prema načinu prikazivanja**

Aksonometrijski, gde je predmet prikazan u tri dimenzije u jednom pogledu

Ortogonalni, gde je predmet nacrtan u više ortogonalnih projekcija (pogleda) u dve dimenzije

Shematski, gde se delovi, uređaju i mašine predstavljaju standardnim simbolima.

3. **Podela prema mestu korišćenja:**

- konstrukcioni biro
- tehnološki biro
- biro kontrole
- proizvodni pogon
- transportnu službu
- prodajnu službu
- propagandnu službu
- skladište gotovih proizvoda

4. Podela pema nameni na:

a) KONSTRUKCIONE CRTEŽE, koji mogu biti

- sklopni (ortogonalni, ređe aksonometrijski)
- montažni (ortogonalni, aksonometrijski i shematski)
- instalacioni (shematski)

- radionički

b) TEHNOLOŠKE CRTEŽE

- crtež obrade (ortogonalni) daje postupak izrade po tehnološkim operacijama.
- kontrolni crtež (ortogonalni)

c) KOMERCIJALNE CRTEŽE, koji mogu biti:

- crtež za porudžbinu (ortogonalni ili aksonometrijski). To je tehnički deo dogovororenog dokumenta između naručioca i izvršioca.
- crte1 za ponudu (ortogonalni ili aksonometrijski) Predstavlja dopunski tehnički dokumenat uz ponudu za traženje posla.
- crtež za odobrenje (ortogonalni ili aksonometrijski) To je tehnički dokumenat koji služi za utvrđivanje ugovorene izvedbe.
- crtež isporuke (ortogonalni ili aksonometrijski) je tehnički dokument uz isporuku robe.
- kontrolno prijemni crtež (ortogonalni, aksonometrijski ili shematski) na osnovu koga se kontrolišu samo oni elementi koji su bitni za prijem.
- opisni crtež (ortogonalni, aksonometrijski ili shematski) je namenjen kupcu uz uputstvo za rukovanje.
- crtež pakovanja (ortogonalni ili aksonometrijski) na kojem se daje način pakovanja pri skladištenju i transportu.
- crtež za publikaciju (ortogonalni, aksonometrijski ili shematski) namenjen je za prospektni, kataloški i propagandno-marketinški materijal.

d) PROJEKTNI I NVESTICIONO PROJEKTNI CRTEŽI

Predstavljaju početna okvirna tehničko-tehnološka rešenja. Na osnovu ovih dokumenata obezbeđuju se investiciona sredstva

e) OSTALE CRTEŽE, koji mogu biti:

- patenti
- crteži uz proračune, dijagrame, monograme itd.

5. Podela prema načinu izrade na:

- originalni crtež
- kopija
- skica

Gore navedeni crteži se ne moraju u svakoj prilici crtati. Jedan crtež može da ima više namena. Svaki crtež se crta na određen način, sa određenim elementima i podacima.

6. Tehničko pismo

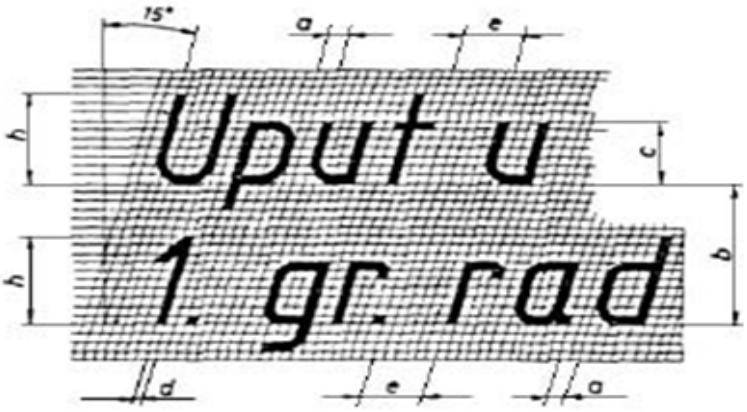
Svaki tehničar treba znati tehničke crteža opisivati tehničkim pismom. Za ispisivanje natpisa, oznaka i brojeva u tehničkim crtežima koristi se tehničko pismo.Tehničko pismo sadrži mala i velika slova ćirilice, latinice i grčkog alfabeta, arapske i rimske cifre i znake interpunkcije.
Tehničko pismo može biti pravo ili koso, pod uglom od 15°prema vertikali. Sve veličine tehničkog pisma određuju se u zavisnosti od nazivne visine h velikih slova i brojeva

Standardom su propisane nazivne visine **h** tehničkog pisma: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14 i 20 mm. Nazivna visina tehničkog pisma određuje se prema veličini raspoloživog prostora, pri čemu se vodi računa o lepoti i preglednosti crteža.

Visina i širina tehničkog pisma se izražava u širinama linije kojom se piše:

- visina velikih slova i brojeva je 10 širina linije (a) (10·0.5=5 mm)
- širina velikih slova je 6 širina linije (a) (6·0.5=3 mm)
- visina malih slova je 7 širina linije (a) (7·0.5=3.5 mm)
- širina malih slova i brojeva je 5 širina linije (a) (5·0.5=2.5 mm)
- razmak između slova je najmanje 2 širina linije (a) (2·0.5=1 mm)
- razmak između riječi je najmanje 5 širina linije (a) (5·0.5=2.5 mm)
- razmak između redova je 16 širina linije (a) (16·0.5=8 mm)

Karakteristične veličine mašinskog-kosog tehničkog pisma prikazno je na slici 2.5.1. i u tabeli 2.5.1. latinično, a ćirilično na slici 2.5.2. Uspravan tehničko pismo prikazano je na slici 2.5.3.



Veličine tehničkog pisma

Karakteristike		Tip A	Tip B
Visina velikih slova	h	(14/14)h	(10/10)h
Visina malih slova	c	(10/14)h	(7/10)h
Rastojanje između slova ili brojki	a	(2/14)h	(2/10)h
Najmanje rastojanje između osnovnih linija	b	(22/14)h	(16/10)h
Najmanje rastojanje između reči	e	(6/14)h	(6/10)h
Debljina linija	d	(1/14)h	(1/10)h

Slika 2.5.1. Osnovne karakteristike kosog – mašinskog tehničkog pisma srednje širine visine 5 mm

Tabela 2.5.1. Karakteristike kosog tehničkog pisma

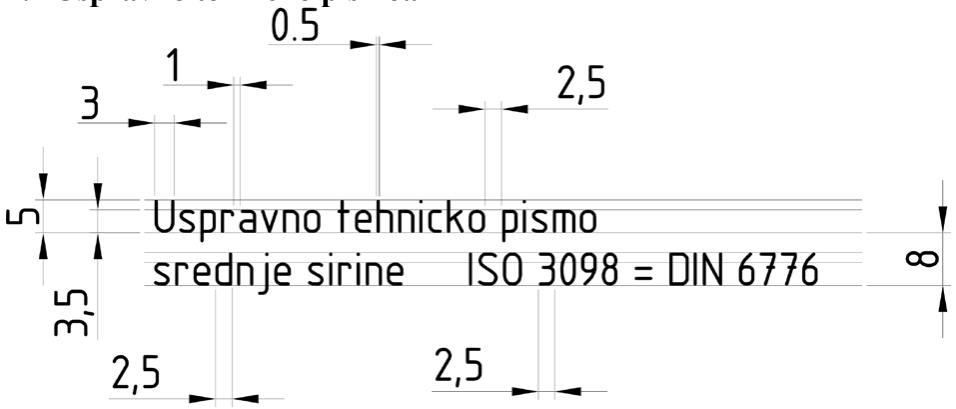
NORMIRANA OBILJEŽJA			VRSTA SLOVA	OMJER PREMA VISINI	MJERE [mm]						
VISINA	velikih slova i brojaka	*h*	*A*	(14/14) *h*	2,5	3,5	5	7	10	14	20
			B	(10/10) *h*							
	malih slova	*c*	*A*	(10/10) *h*	—	2,5	3,5	5	7	10	14
			B	(7/14) *h*							
NAJMANJI RAZMACI	slova i brojaka	*a*	*A*	(2/14) *h*	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8
			B	(2/10) *h*	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
	redaka	*b*	*A*	(20/14) *h*	3,5	5	7	10	14	20	28
			B	(14/10) *h*							
	riječi	*e*	*A*	(6/14) *h*	1,05	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4
			B	(6/10) *h*	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
DEBLJINA CRTA		*d*	*A*	(1/14) *h*	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4
			B	(1/10) *h*	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2

Ćirilično i latinično tehničko pismo prema standardu -SRPS A.A0.101. 102 i 103

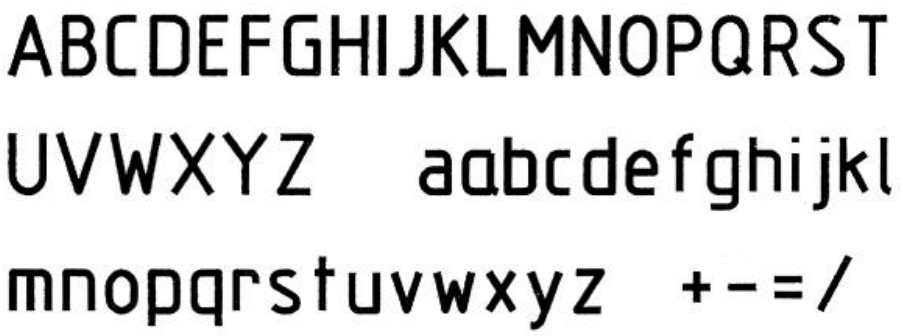


Slika 2.5.2. Osnovne karakteristike uspravnog tehničkog ćiriličnog pisma srednje širine

7. Uspravno tehničko pismoa



Slika 2.5.3. Osnovne karakteristike uspravnog tehničkog pisma srednje širine visine 5 mm



Slika 2.5.3. Oblik slova uspravnog tehničkog pisma srednje širine

2.6. FORMATI I SAVIJANJE CRTEŽA

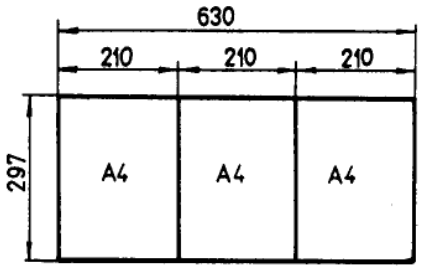
Osnovni format papira za tehničko crtanje je A0. Prvi manji format je A1, zatim A2, pa A3, A4, A5 …
Dimenzije formata A4 su 210 x 297 mm. Format A3 čine dva formata A4 pa ima dimenzije 420 x 297 mm. Format A2 čine dva formata A3 pa ima dimenzije 594 x 420mm itd. Osnovne veličine formata **A** date su na sl. 2.6.1. Najveći format je A0, koji ima površinu 1m2 . Dimenzije ovog formata su 1189 x 841. Omjer stranica formata papira je: $a : b = \sqrt{2}$

Format A		Format A	
gotove mjere u mm		sirove mjere u mm	
A0	841 x 1189	A0	880 x 1230
A1	594 x 841	A1	625 x 880
A2	420 x 594	A2	450 x 625
A3	297 x 420	A3	330 x 450
A4	210 x 297	A4	240 x 330
A5	148 x 210		
6	105 x 148		
A7	74 x 105		
A8	52 x 74		

Sl. 2.6.1. Osnovne veličine standardnih formata A

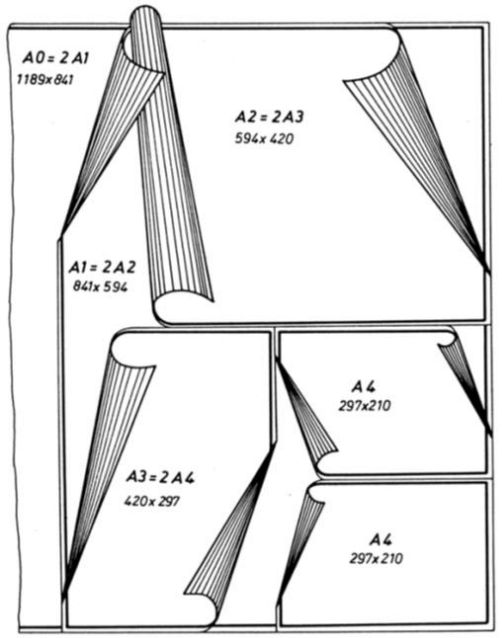
Za crtanje dugačkih i uskih predmeta koriste se produžene veličine formata prema sl. 2.6.2.

Oznake formata produženih veličina	Mere (mm)
A3 x 3	420 x 891
A3 x 4	420 x 1189
A4 x 3	297 x 630
A4 x 4	297 x 841
A4 x 5	297 x 1051



Sl. 2.6.2. Produžene veličine standardnih formata A

U tehnici se pored standardnog formata klase A koriste i formati B i C. Početni formati A0, B0 i C0 i svaki sledeći format se dobija deljenjem veličine duže stranice na dva jednaka dijela. U tabeli 26.1. prikazani su veličine formata A, B i C u mm, a podjela format A0 je prikazana na slici 2.6.3.



Sl. 2. 6.3. Način podjele formata A0

Tabela. 2.6.1. Stnadardni formati i veličine

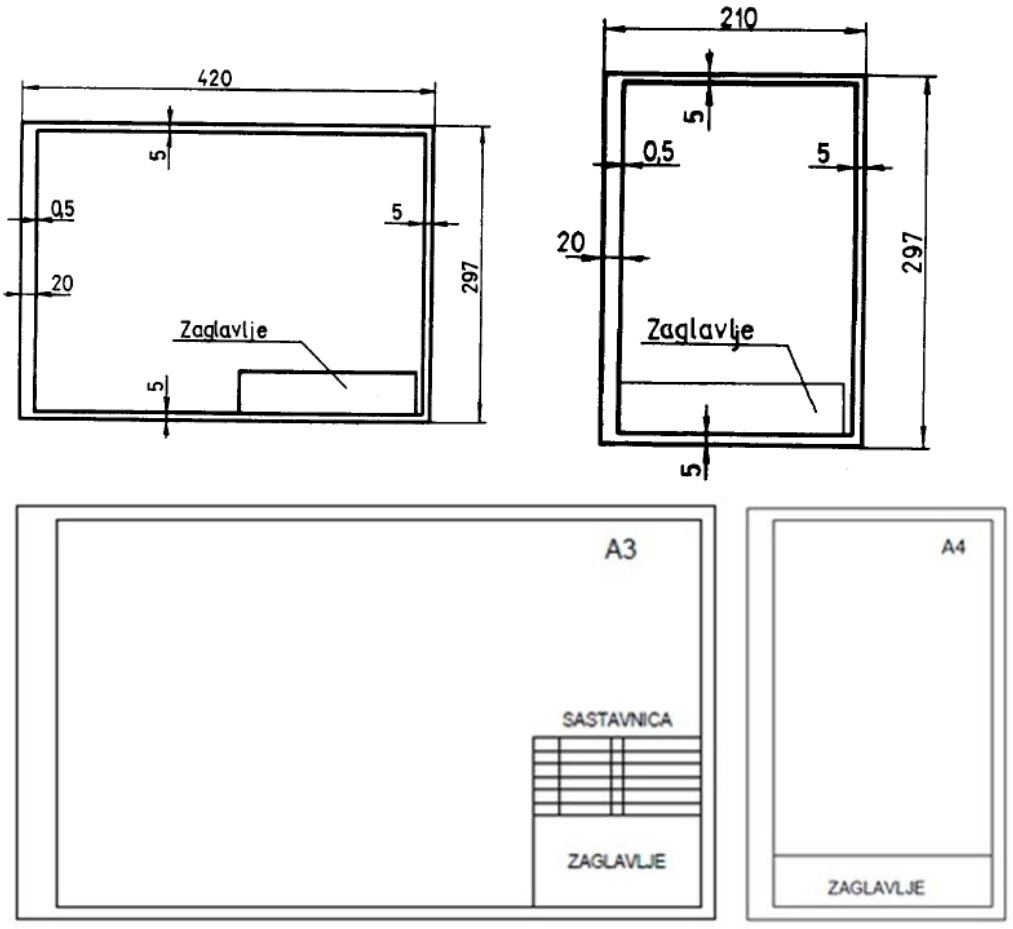
	A	B	C
0	1188 × 840	1400× 1000	1296 × 917
1	840 × 594	1000 × 700	917 × 648
2	594 × 420	700 × 500	648 × 458
3	420 × 297	500 × 350	458 × 324
4	297 × 210	353 × 250	324 × 229
5	210 × 148	250 × 175	229 × 162
6	148 × 105	175 × 125	162 × 114
7	74 x 105	88 x 125	81 x 114
8	52 x 74	62 x 88	57 x 81
9	37 x 52	44 x 62	40 x 57
10	26 x 37	31 x 44	28 x 40

Korištenje standardnih formata omogućuje:

- racionalno korištenje papira,
- istovjetno previjanje, i
- lakše arhiviranje

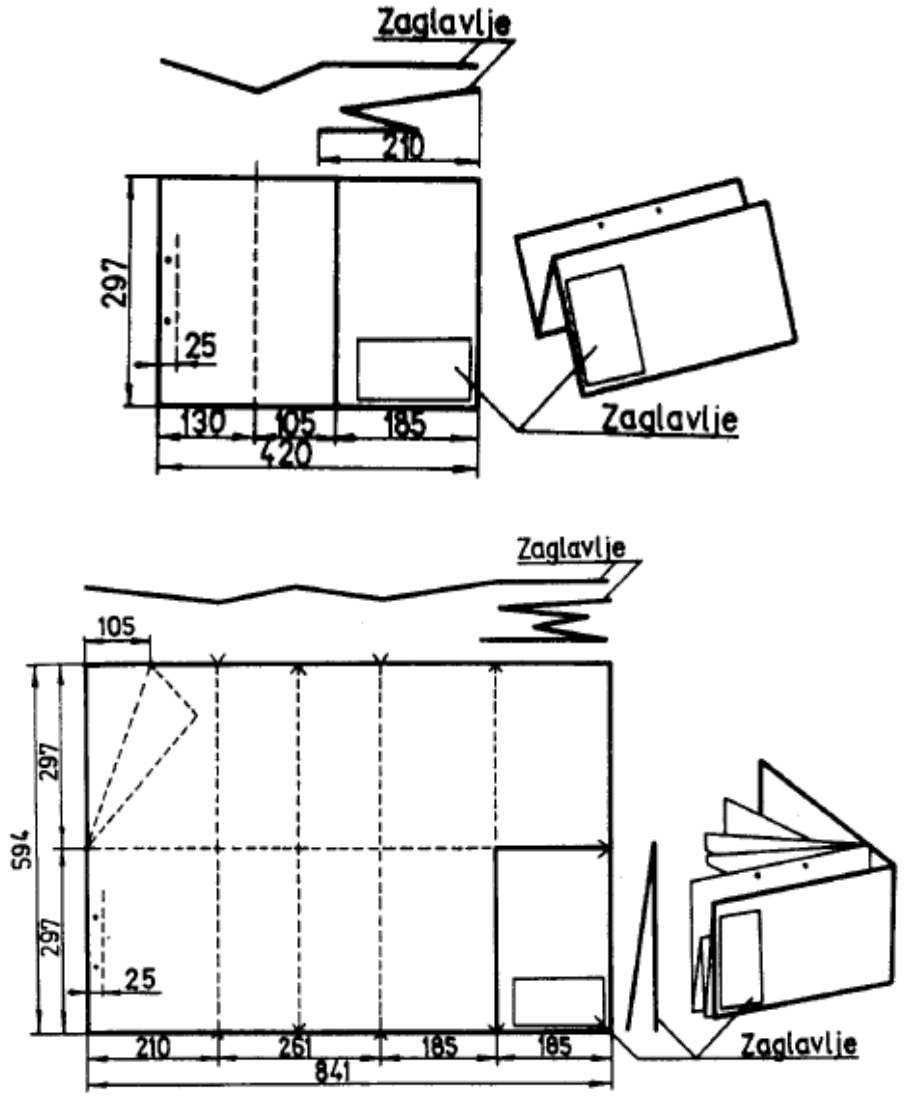
1. Savijanje formata

Na papiru datog formata, pre početka crtanja, nacrta se prvo okvir i zaglavlje prema sl. 2.6.4.

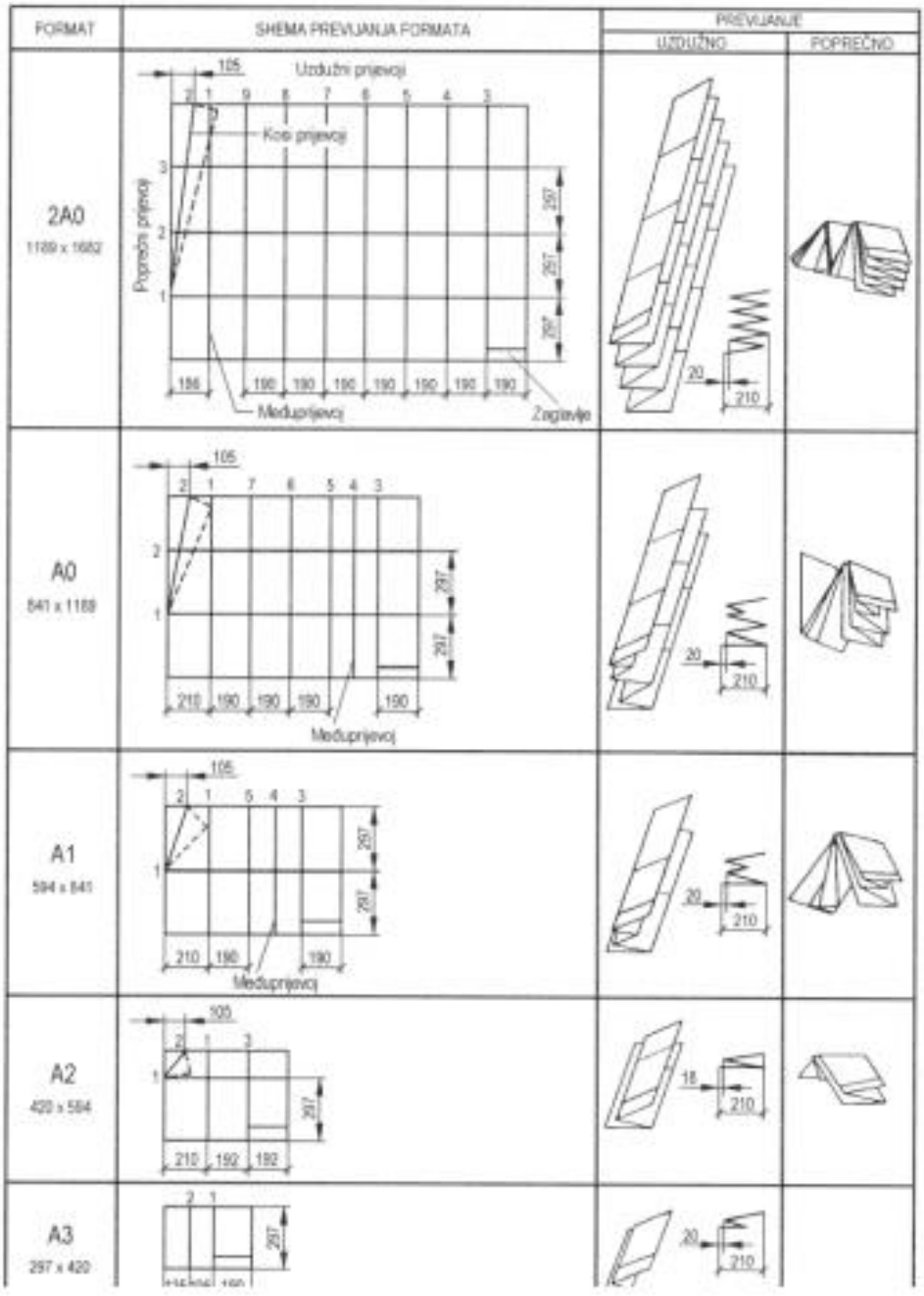


Sl. 2.6.4. Crtanje okvira formata

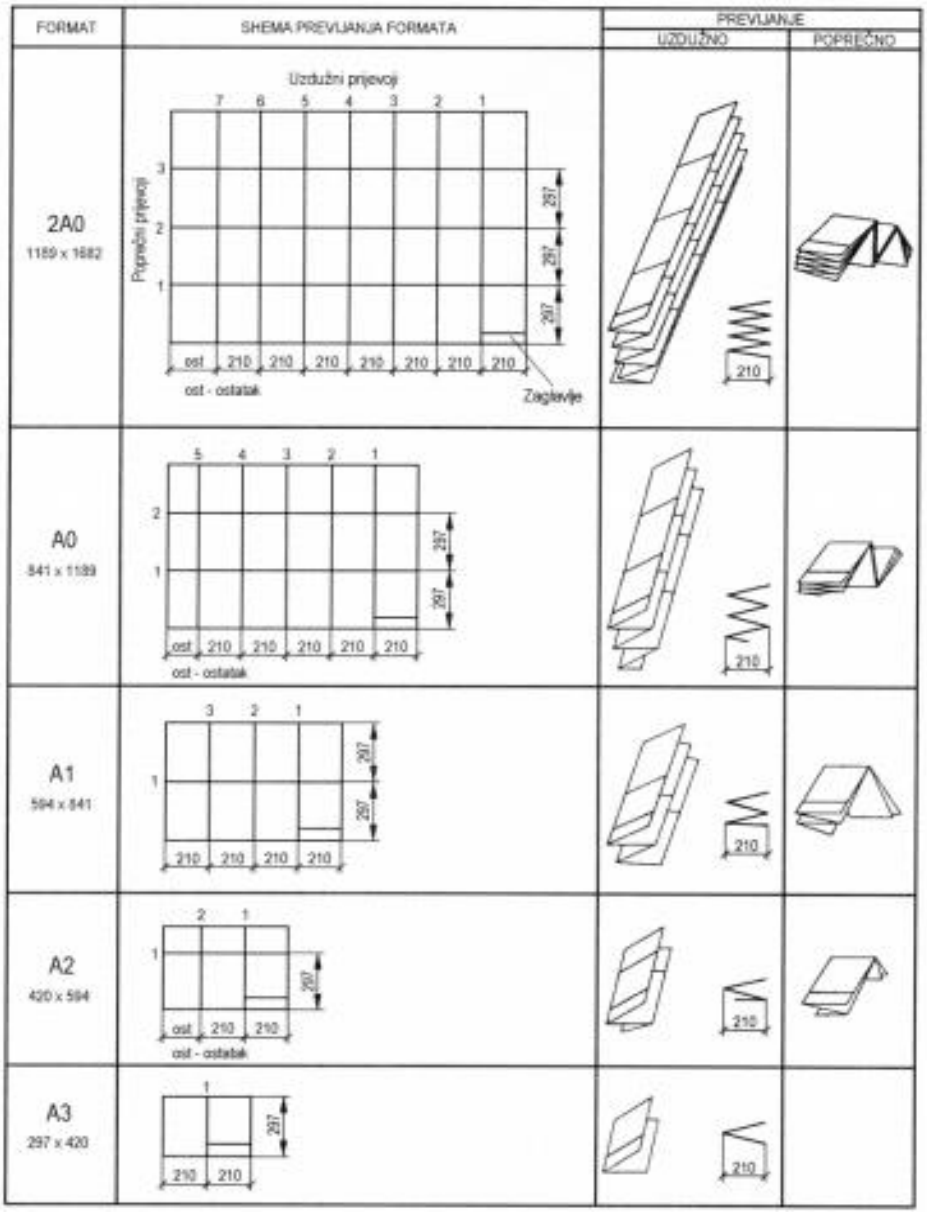
Svi formati većI od A4, savijaju se na format A4 (210 x 297). Primeri savijanja formata A3 (sa fasciklu sa i bez poveza) i formata A1 dati su na sl. 2.6.5. i 2.6.6.



Sl.2.6.5. Previjanje različitih formata na veličinu formata A4 za ulaganje u mapu s mehanizmom


FORMAT
SHEMA PREVIJANJA FORMATA
PREVIJANJE
UZDUŽNO
POPREČNO
2A0
1189 x 1682
A0
841 x 1189
A1
594 x 841
A2
420 x 594
A3
297 x 420
Uzdužni prijevoji
Poprečni prijevoji
Kosi prijevoji
Međuprijevoj
Zaglavlje
105
190
210
257
297
20
18

a)



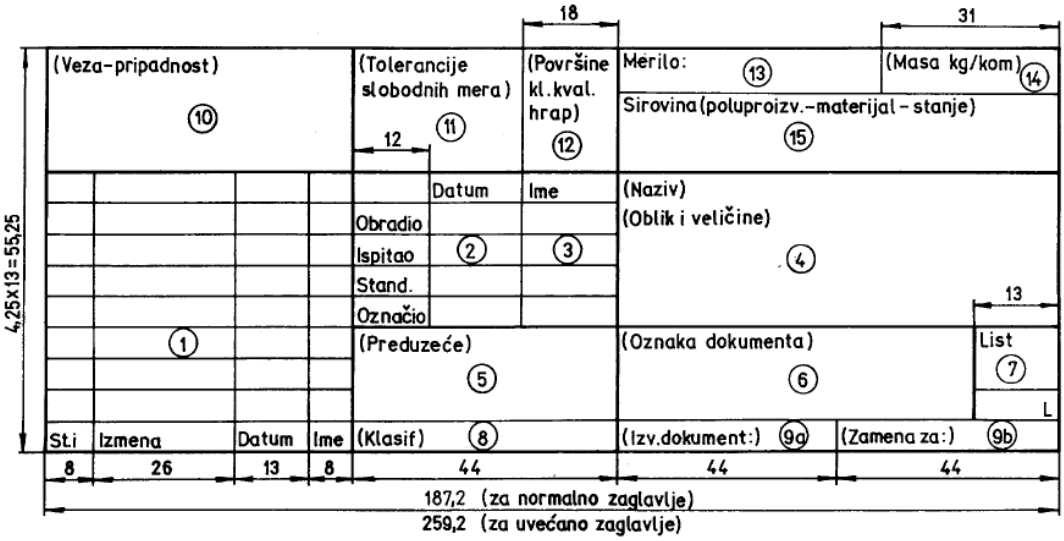
b)

Sl.2.6.6. Previjanje različitih formata na veličinu formata A4 za ulaganje u mapu sa mehnizmom (a)i bez bez mehanizma (b)

2.7. ZAGLAVLJE

Na svakom crtežu mora postojati odgovarajuće zaglavlje (SRPS M.A0.040). Zaglavlje predstavlja uokvireni deo na crtežu koji se nalazi u donjem desnom uglu. Služi za upisivanje podataka potrebnih za

identifikaciju, razvrstavanje i upotrebu crteža i upisivanje dopunskih informacija. U zaglavlje se upisuju podaci koji su bitni za identifikaciju i korišćenje crteža.
Zaglavlja za crtež mogu biti različita po svom obliku i sadržaju, zavisno od namene i vrste crteža, mesta korišćenja itd. Na sl. 2.7.1 prikazano je zaglavlje za crtež. Sastoji se iz osnovnog dela (polja označena od 1 do 9b) i dodatnog dela (polja od 10 do 15). Nazivi polja koja nisu u zagradi se pišu, dok se nazivi polja u zagradi ne pišu, već samo ono što sledi pod tim nazivom.

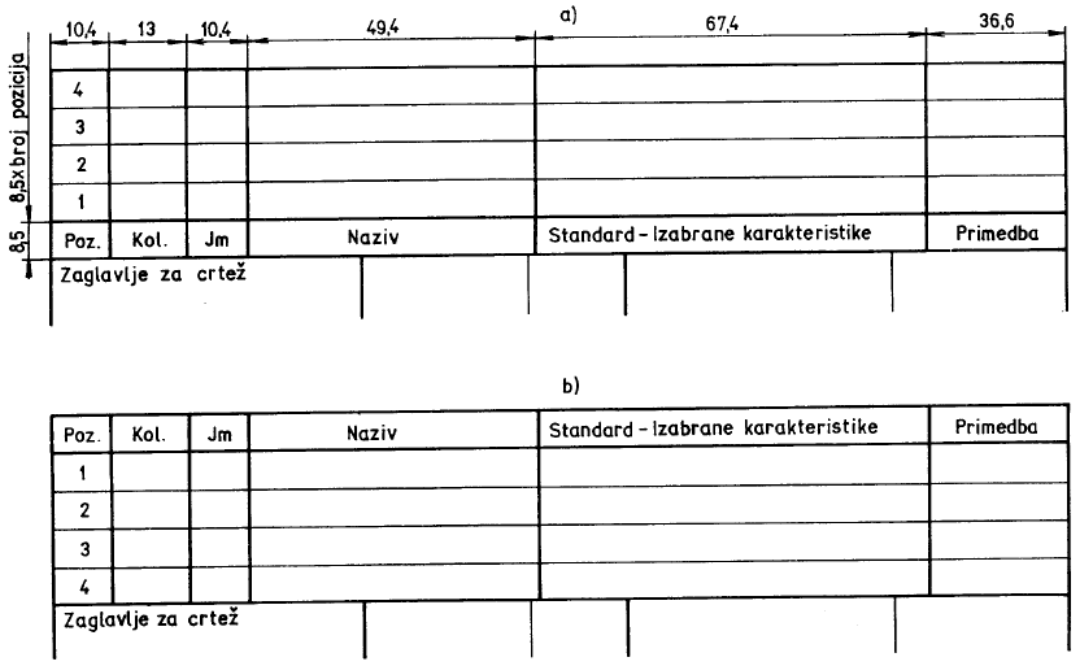


Sl.2.7.1. Zaglavlje za crtež

1. Sastavnica (SRPS M.A0.041)

Za sklopne crteže koristi se zaglavlje koje se naziva sastavnica. Sastavnica predstavlja nastavak zaglavlja za crtež. Sastavnica (SRPS M.A0.041) pruža tabelarni pregled svih delova koji sačinjavaju jedan sklop ili podsklop. Koristi se za sistematizaciju podataka o delovima koji sačinjavaju jedan sklop ili podsklop, odnosno njihovih crteža koji predstavljaju tehničku dokumentaciju.Sastavnica se ispisuje u vidu kolona. Može da stoji na istom formatu sa crtežom ili na posebnom A4 formatu (kada se koristi kao dokumenat za porudžbinu). Na sl. 2.7.2. dat je izgled sastavnice na istom formatu sa crtežom i na različitom. U oba slučaja polja su ista i isto se popunjavaju, s tim da je redosled pisanja pozicija drugačiji. Kada se nalaze na istom formatu gde i crtež, pozicioni brojevi se pišu u

rastućem nizu odozdo na gore, a kada je na posebnom, pišu se odozgo na dole.



Sl.2.7.2. Izgled sastvnice na istom formatu sklopnog crteža

2. Uprošćena sastavnica u Solid ena WorksWorks—u

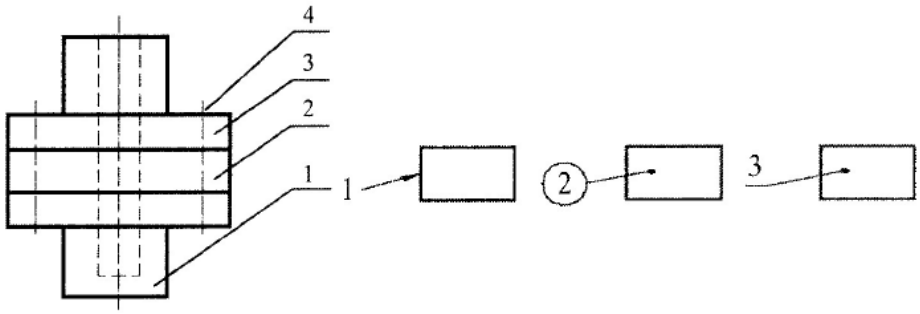


3. Pozicioni brojevi (SRPS M.A0.077)

Pozicioni brojevi (SRPS M.A0.077) dodeljuju se svakom sastavnom delu sklopa (pojedinačnim delovima ili kompletnim podsklopovima koji se u

sklop ugrađuju kao prethodno formirana celina). Pozicioni brojevi se upisuju u jednom neprekidnom nizu rastućih brojeva po horizontali ili vertikali izvan konture mašinskog dela, a takođe se po rastućem rednom broju upisuju i u sastavnicu koja sadrži odgovarajuće podatke o tim delovima.Pozicioni brojevi su dvostruko veći od kotnih brojeva i povezuju se pokaznom linijom sa delovima na koje se odnose. Na kraju pokazne linije nalazi se tačka ili strelica.Pozicioni brojevi mogu biti neposredno pored pokazne linije, zaokruženi krugom ili iznad izlomljene pokazne linije. Ukoliko se pozicioni brojevi upisuju u krugove onda produžetak pokazne linije prolazi kroz centar kruga.

4. Primer primene pozicionih brojeva



Slika 2.7.3. Pozicioni brojevi

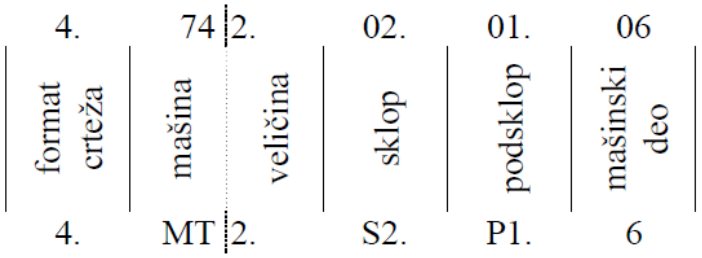
5. Brojevi crteža

Brojevicrteža se dodeljuju svakom radioničkom crtežu u cilju čuvanja, odlaganja i jednostavnog rukovanja tehničkom dokumentacijom. Brojevi crteža su naročito važni kod izrade tehničke dokumentacije sklopova kada broj kojim je sastavni deo sklopa (pojedinačni deo ili kompletan podsklop koji se u sklop ugrađuju kao prethodno formirana celina) prema svojoj poziciji označen u sastavnici sklopnog crteža odgovara broju radioničkog crteža tog sastavnog dela.Brojevicrteža mogu biti sastavljeni od cifara ili kombinovani iz slova i cifara i upisuju se prema decimalnoj klasifikaciji u polje zaglavlja predviđeno za upis broja crteža. Brojevi crteža sadrže oznaku formata papira, tipa i veličine proizvoda, broja sklopa, podsklopa i mašinskog dela međusobno odvojenih tačkom.

6. Primer broja crteža

Broj crteža mašinskog dela prikazanog na formatu A4 (broj 4) mešalice za testo koja se kod proizvođača vodi pod rednim brojem 74 (broj 74, oznaka MT), druge po veličini iz gama veličina (broj 2), koji pripada drugom

sklopu (broj 02, oznaka S2) i prvom podsklopu ovog sklopa (broj 01, oznaka P1), pri čemu je ovaj deo šesti po redu pozicija u podsklopu (broj 06, odnosno broj 6). Način popunjavanja sastavnice dat je na sl. 2.7.4. i sl. 2.7.5.



Slika . 2.7.4. Popunjavanje sastavnice brojevima

U sistemu decimalne klasifikacije i kombinovanih oznaka brojevi pojedinih karakterističnih crteža imaju oblik:

	Decimalna klasifikacija	Kombinovana oznaka
Glavni sklopni crtež	1.742.00.00.00	1.MT2
Sklopni crtež	2.742.02.00.00	2.MT2.S2
Podsklopni crtež	3.742.02.01.00	3.MT2.S2.P1
Crtež dela – van sklopa	4.742.00.00.03	4.MT2.3
Crtež dela – iz sklopa	3.742.01.00.07	3.MT2.S1.7
Crtež dela – iz podsklopa	4.742.02.01.09	4.MT2.S2.P1.9

Slika . 2.7.5. Numerisanje crteža identifikacionim brojem

Polje	Objašnjenje
1	**Izmena**: U slučaju izmene upisuju se traženi podaci i lice odgovorno za nastale izmene. Odnosi se na crteže proizvođača.
2 i 3	**Datum - ime**: Datumi i imena odgovornih lica za crtež. Moraju biti čitki.
4	**(Naziv) - (Oblik i veličina):** Naziv predmeta crtanja i broj crteža (polje 6) pišu se većim i debljim slovima od ostalog teksta u zaglavlju i to na sredini polja. Naziv se daje prema obliku. Treba da je sažet i kratak.
5	**(Preduzeće):** Naziv proizvođača, odnosno vlasnika dokumenta. Na primer: Poljoprivredni fakultet, Novi Sad (vlasnik dokumenta).
6	**(Oznaka dokumenta):** Oznaka dokumenta proizvođača, odnosno vlasnika dokumenta (broj crteža).
7	**List - Listova:** Koristi se za upisivanje rednog broja lista i ukupnog broja listova, ako je za istu oznaku (broj crteža) potrebno više listova.
8	**(Klasifikacija):** Oznaka klasifikacije predmeta predstavljenog dokumentom (neke interne oznake).
9a	**(Izvorni dokument):** Oznaka izvornog dokumenta, iz kojeg je proizašao crtež.
9b	**(Zamena za):** Oznaka zamenjenog dokumenta, ako je do toga došlo.
10	**(Veza - pripadnost):** Koristi se za upisivanje sledećih podataka: - upisuje se oznaka sklopa ili proizvoda kojem predmet crtanja pripada, - broj sklopnog crteža kada se sastavnica crta odvojeno od crteža, - kao nastavak polja 7 (ako je potrebno) itd.
11	**(Tolerancije slobodnih mera):** Podatak za tolerancije slobodnih mera.
12	**(Površine - klasa kvaliteta hrapavosti):** Oznaka za kvalitet površina, koje nisu označene na crtežu.
13	**Merilo:** Podatak za glavno merilo (razmeru) prikazanog predmeta na crtežu.
14	**(Masa kg/kom.):** Neto masa gotovog predmeta prikazanog na crtežu.
15	**Sirovina (poluproizvod - materijal - stanje):** Standardna oznaka materijala predmeta na crtežu ili odgovarajuća oznaka za poluproizvod ili sirovinu.

Sl.2.7.6. Način popunjavanja sastavnice

Naziv polja	Objašnjenje
Poz. (Pozicija)	Broj pozicione oznake predmeta (dela).
Kol. (Količina)	Broj komada ili količina materijala za predmet označen pozicionom oznakom .
JM (Jedinica mere)	Jedinica mere za količinu, npr.: kom., kg, i dr.
Naziv	Naziv predmeta. Ako je predmet standardan (mašinski element) treba da je naziv standardan.
Standard	Oznaka standarda ako je predmet standardan ili broj crteža ako je predmet nestandardan (mašinski deo).
Izabrane karakteristike	Neke odabrane karakteristike o predmetu (materijal, tolerancije mere itd.)
Primedbe	Dopunski podaci po potrebi proizvođača, najčešće oznaka materijala.
Masa	Neto masa predmeta u kg po jedinici mere.

Sl.2.7.7. Način popunjavanja sastavnice

7. Tehnička dokumentacija sklopa

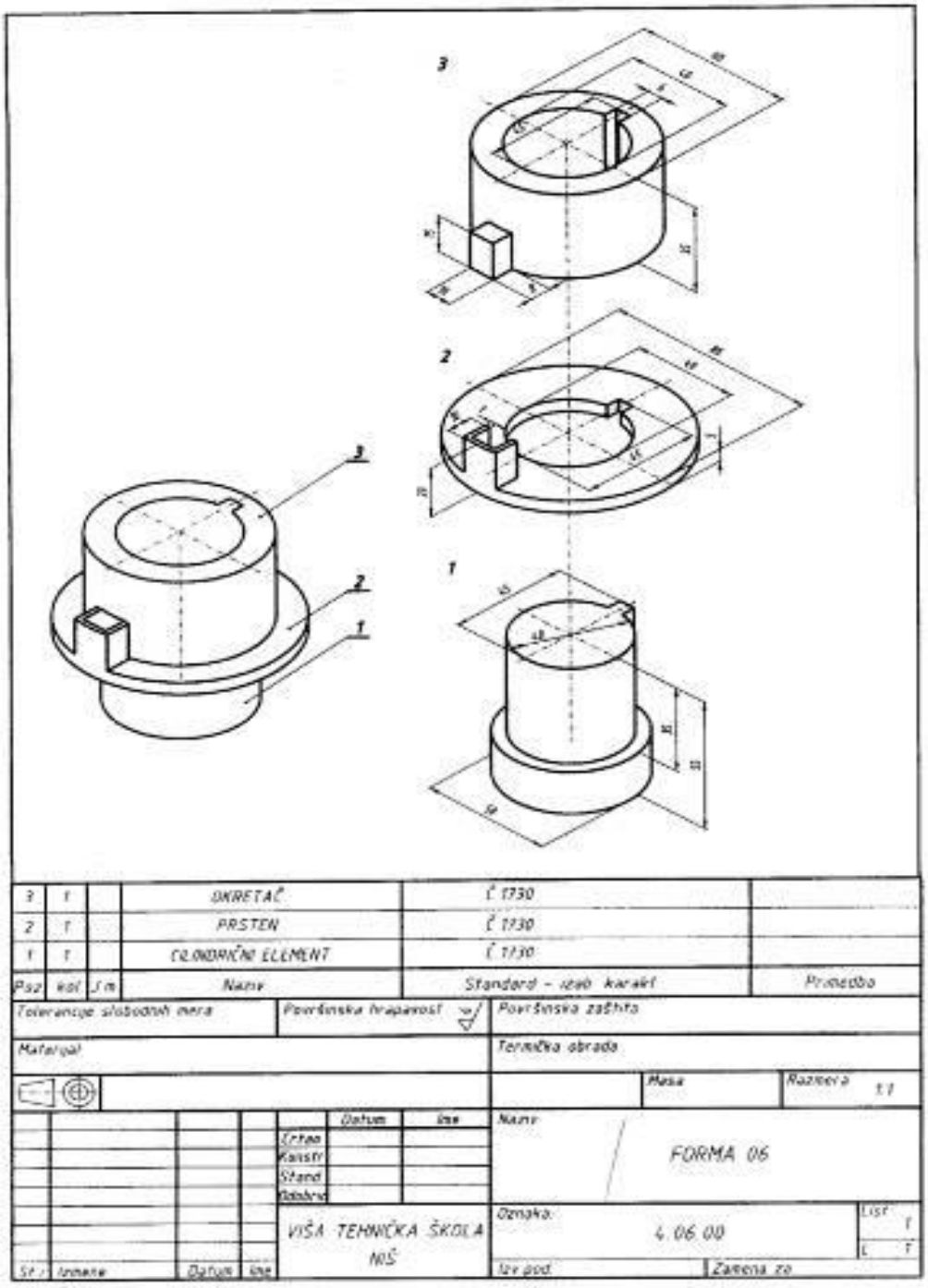
Tehnička dokumentacija nekog sklopa u zavisnosti od njegove složenosti, veličine serije i načina proizvodnje može da se prikaže:

- skupnim crtežom i
- posebnim crtežima

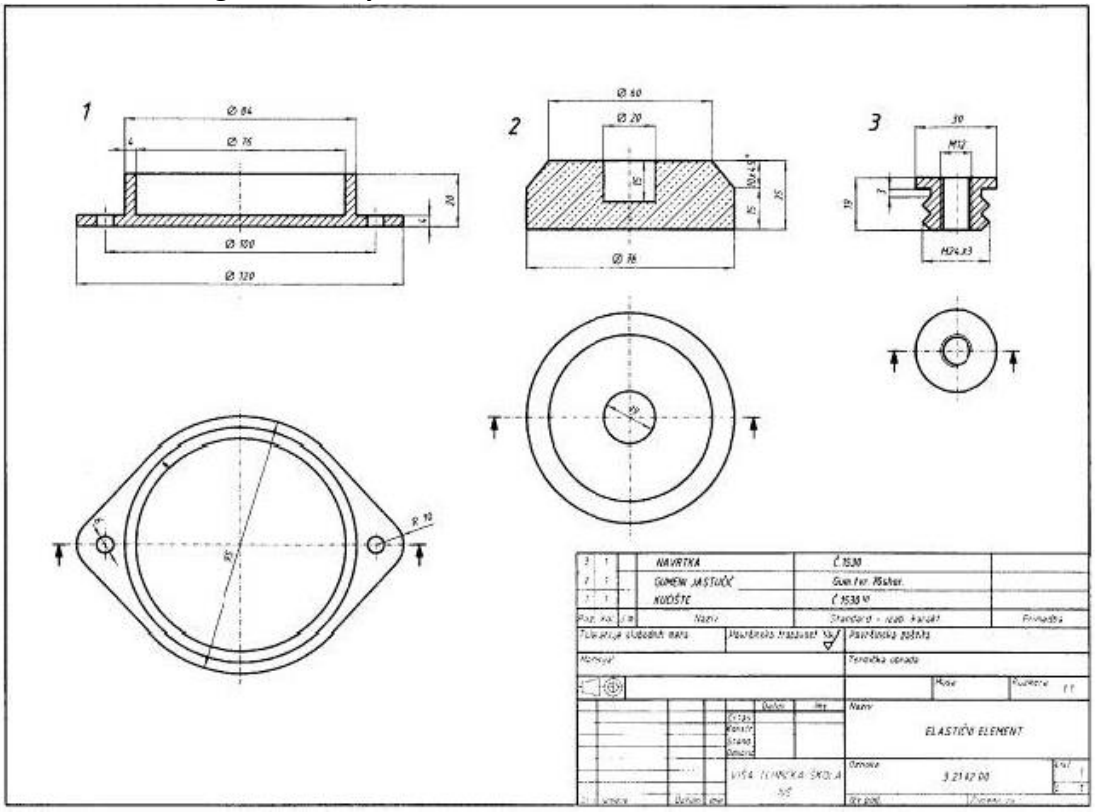
Tehnička dokumentacija skupnim crtežom predstavlja tehnički crtežnekog sklopa na jednom listu sa svim neophodnim detaljima iz kojih se proizvod sastoji. Ovakav oblik tehničke dokumentacije može biti nacrtan kao:

- aksonometrijski skupni crteži
- ortogonalni skupni crtež

8. Aksonometrijski skupni crteskupni crtež



9. Ortogonalni skupni crtež



10. Razrada tehničke dokumentacije

Tehnička dokumentacija sa posebnim crtežima se češće primenjuje jer predstavlja razrađenu tehničku dokumentaciju nekog sklopa koja se sastoji od:

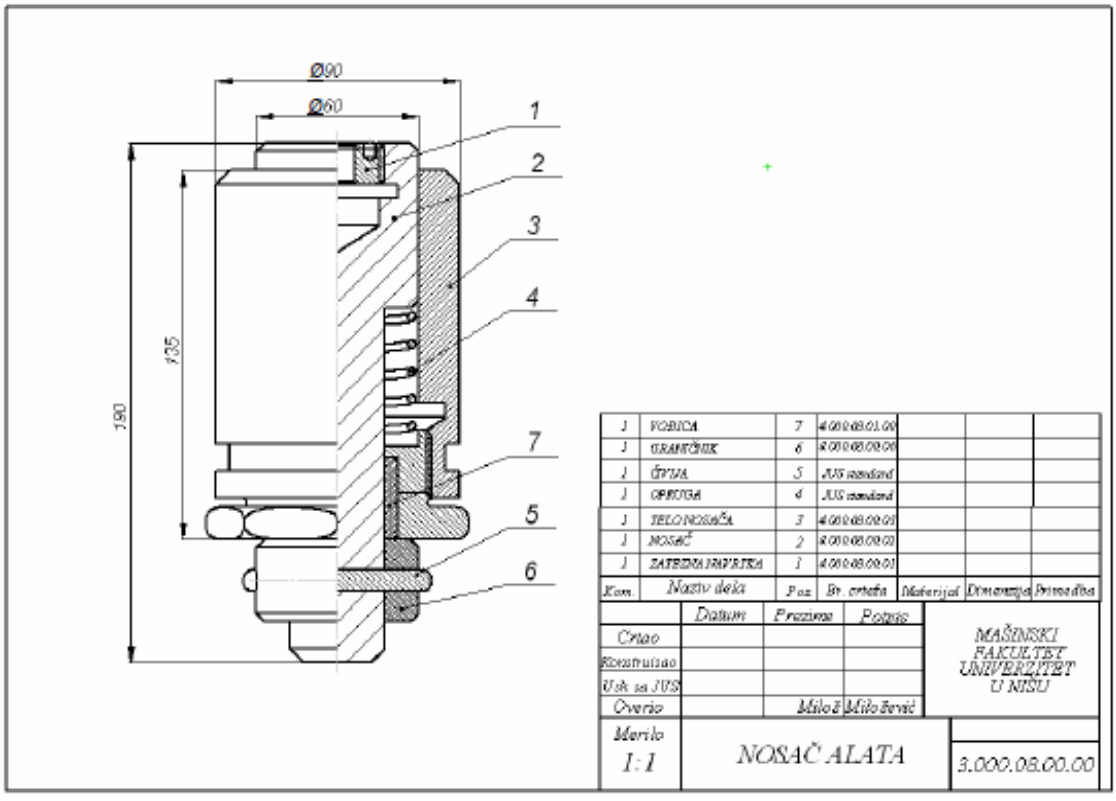
- crteža glavnog sklopa
- crteža sklopova i podsklopova i
- radioničkih crteža delova

Svaki sastavni deo sklopa (pojedinačni deo ili kompletan podsklop koji se u sklop ugrađuju kao prethodno formirana celina) ima svoj poseban crtežkoji se razvrstava prema poziciji označenoj u sastavnici sklopnog crteža prema broju crteža. Međutim, treba naglasiti da se standardizovani delovi ne crtaju većse prilikom popunjavanja sastavnice samo naznače standardi kojima se oni definišu.

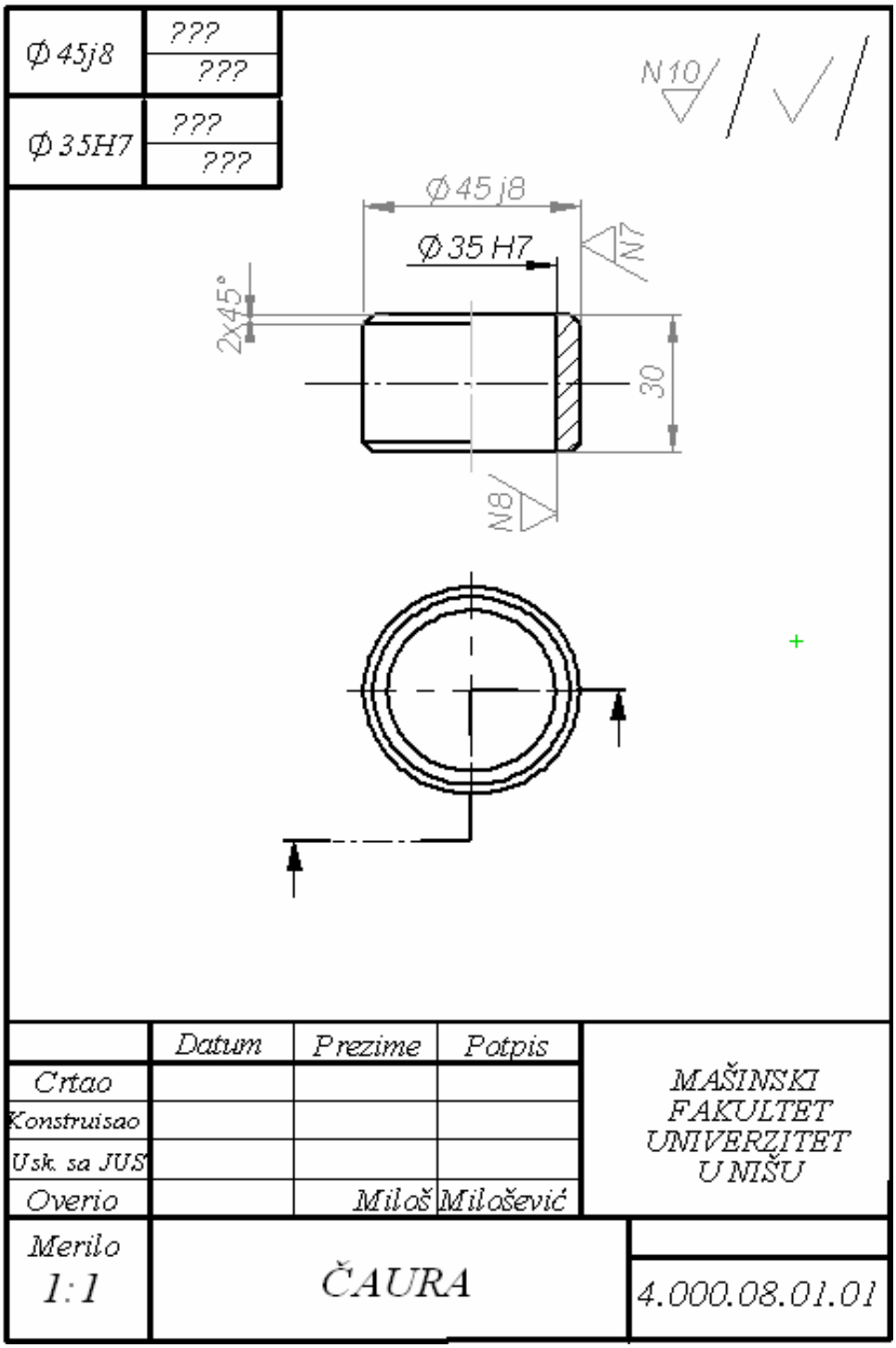
Crtež glavnog sklopa prikazuje sklop celokupnog proizvoda i treba da dapojam o njegovoj funkciji i da istovremeno bude osnova za pravilno montiranje. On treba da poseduje potreban broj projekcija sa presecima

koji otkrivaju sve potrebne detalje. Na tom crtežu se daju gabaritne mere celokupnog sklopa. Zaglavlje sadrži sastavnicu sa neophodnim pozicijama i brojevima crteža sklopova, podsklopova i delova.
Crteži sklopova i podsklopova prikazuju delove koji se ugrađuju kao prethodno formirana celina. Sve ono što sadrži crtežglavnog sklopa odnosi se i na crteže sklopova i podsklopova. I oni treba da poseduje potreban broj projekcija sa presecima koji otkrivaju sve potrebne detalje delova. Na tom crtežu se daju gabaritne mere. Zaglavlje sadrži sastavnicu sa neophodnim pozicijama i brojevima podsklopova, odnosno radioničkih crteža delova.
Radionički crteži delova prikazuju osnovne mašinske delove sa potrebnim brojem projekcija i odgovarajućim presecima. Ovi crteži sadrži neophodne dimenzije, tolerancije, oznake kvaliteta obrađenih površina i sve ostalo što je potrebno da delovi budu potpuno definisani po obliku, dimenzijama i primenjenim tehnoloških procesa proizvodnje. Zaglavlje sadrži odgovarajući broj crteža.

11. Skloni crtež



12. Radionički crtež



13. Standardni delovi

1	ČIVIJA	5	JUS standard			
1	OPRUGA	4	JUS standard			

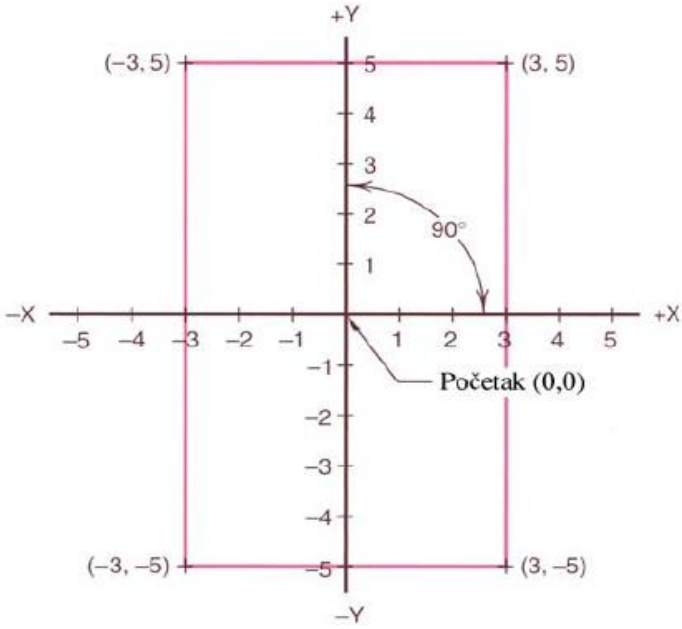
Za standardne mašinske delove se ne crtaju radionički crteži. Dovoljno je samo da se u sastavnici navede njihov naziv i broj standarda prema kome se oni izrađuju.

3.0.INŽENJERSKA GEOMETRIJA

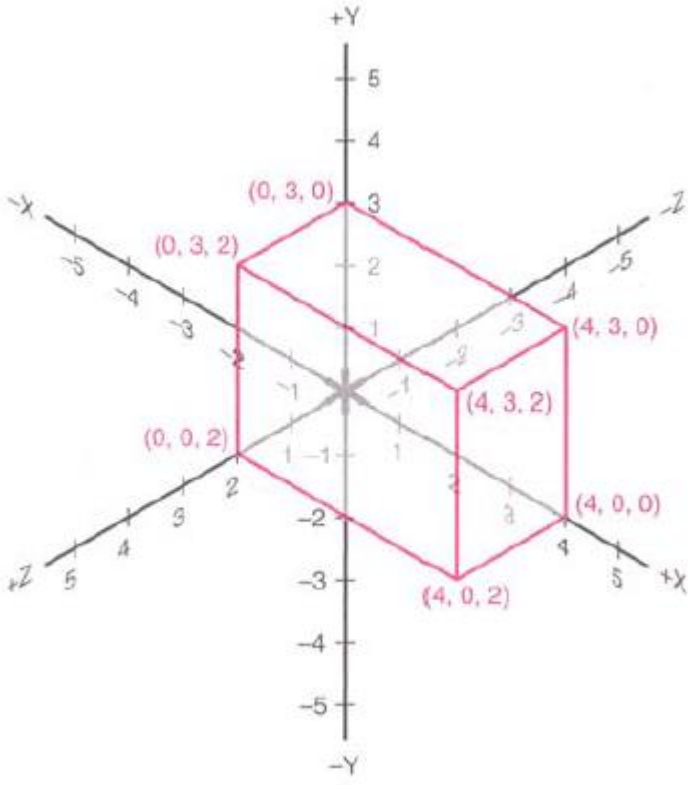
Inženjersku geometriju čine osnovni geometrijski elementi i forme koji se koriste u inženjerskom projektivanju. Njena osnovna svrha je da omogući opis oblika i veličina projektovanog proizvoda. Opis oblika nekog objekta odnosi se na poziciju njegovih geometrijskih elemenata u prostoru. Opis oblika bazira na primitivnim formamam - tačke, linije i ravni - čijim kombinovanjem je moguće kreirati kompleksnije forme.

3.1. KOORDINATNI SISTEM

Da bi se mogao locirati - pozicionirati položaj tačke, linije, ravni ili nekog drugog geometrijskog oblika, prvo se mora definisati određen - poznati prostor. Dekartov koordinatni sistem omogućava definisanje pozicije geometrijskih oblika u 2D i 3D prostoru (sl. 3.1.1. i 3.1.2).

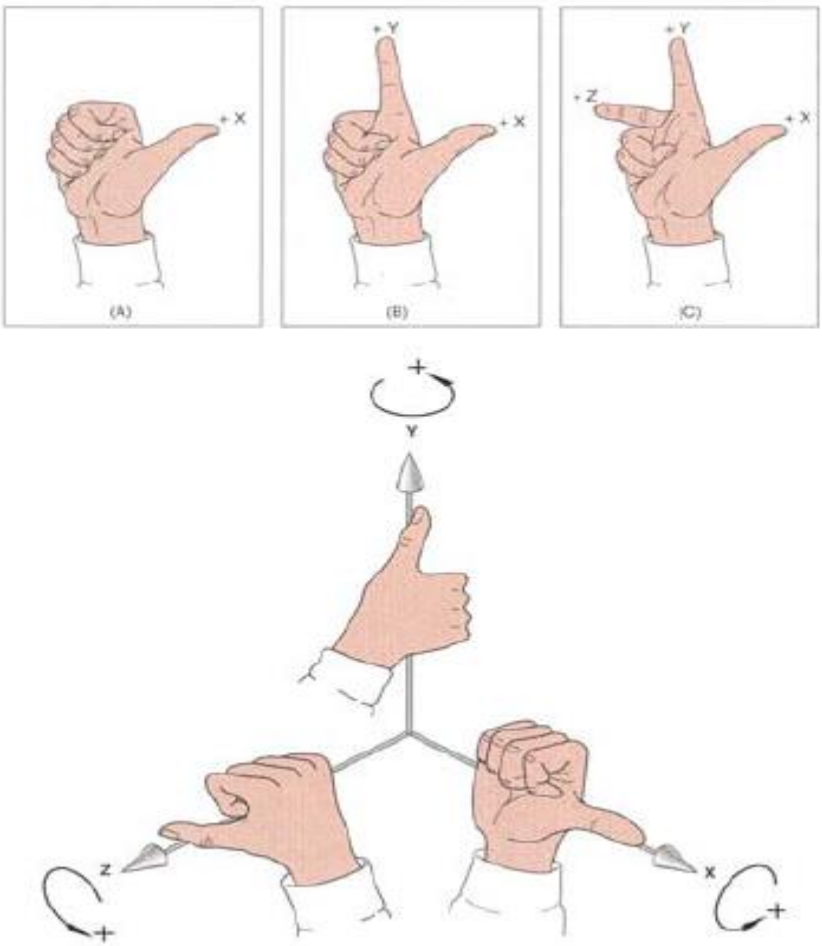


Sl. 3.1.1. Dekartov koordinatni sistem 2D



Sl. 3.1.2. Dekartov koordinatni sistem 3D

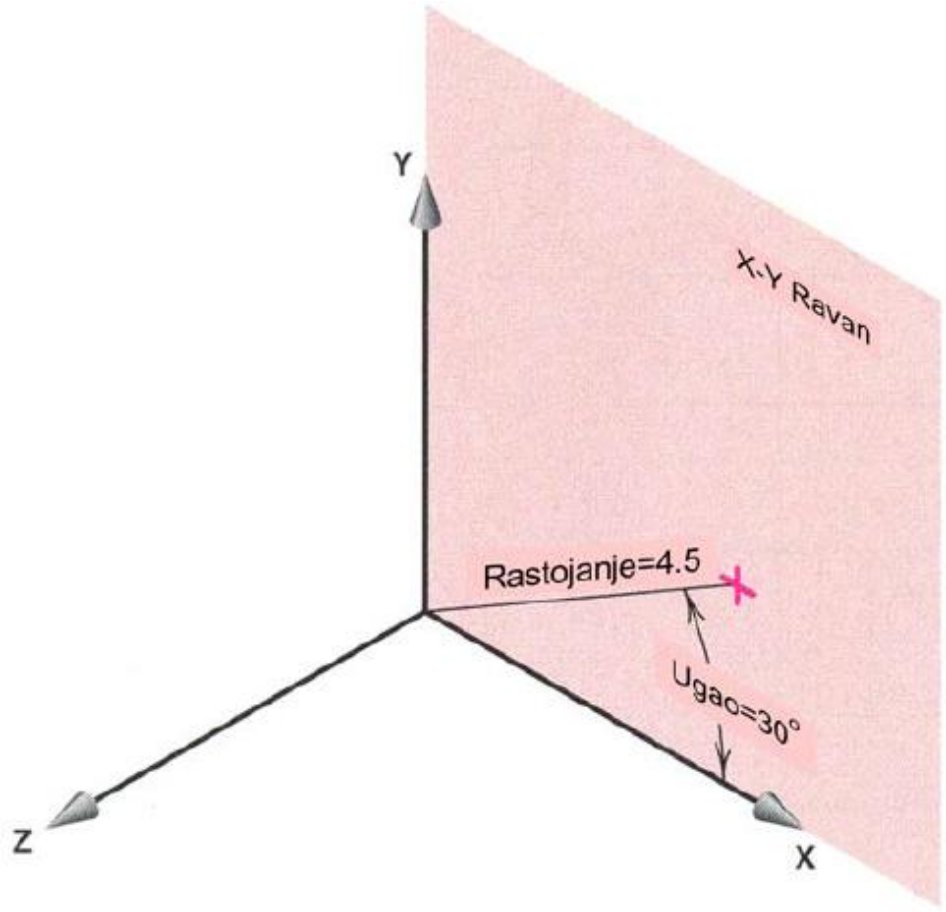
Da bi se odredio pozitivan pravac osa koristi se pravilo desne ruke (sl.3.1.3. A, B i C). Ovo pravilo se koristi i za definisanje pozitivnog pravca rotiranja oko svake ose.



Sl.3.1.3. Određivanje pozitivanog pravac osa pomoću pravila desne ruke

1. Polarne koordinate

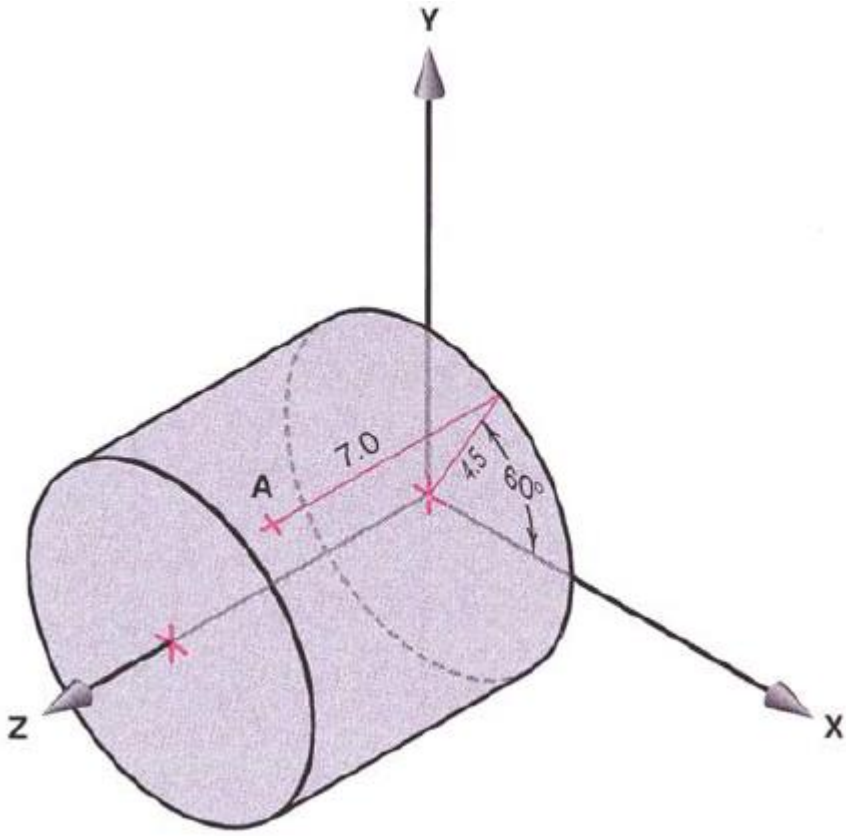
Polarne koordinate se koriste za lociranje tačaka u X-Y ravni. Polarne koordinate definišu udaljenje i ugao u odnosu na X - osu. Slika 3.1.4. pokazuje tačku udaljenu 4.5 jedinice od početka i sa uglom od 30° u odnosu na X-osu.



Sl.3.1.4. Polarna kordinata tačke X

2. Cilindrične koordinate

Cilindrične koordinate definišu rastojanje od koordinatnog početka, ugao u odnosu na X - osu u X-Y ravni i rastojanje u Z - pravcu. Na slici 3.1.5. tačka A je 7 jedinica u Z - pravcu i 4.5 jedinice od koordinatnog početka na linije koja je pod uglom od 60° u odnosu na X-osu u X-Y ravni. Praktično, tačka A se nalazi na površini cilindra radijusa 4.5 i visine 7, pa odatle naziv cilindrične koordinate.



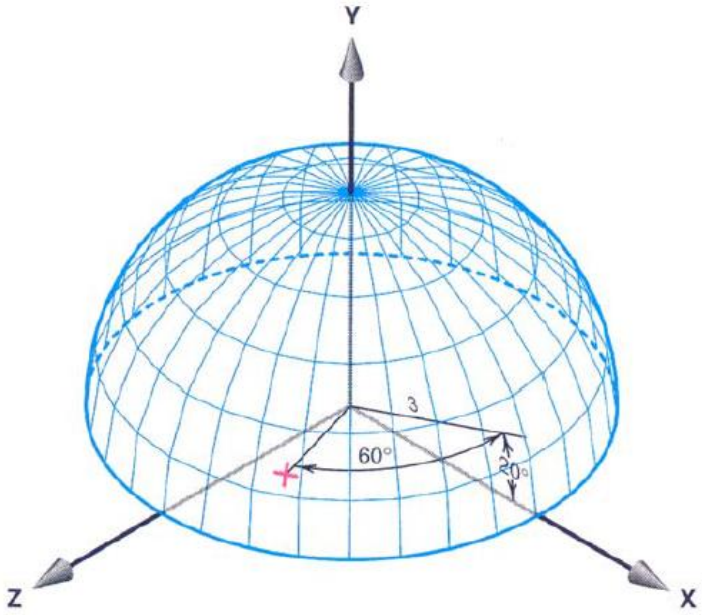
Sl.3.1.5. Cilndrične kordinata tačke A

Za prevođenje cilindričnih u Dekartove koordinate koriste se jednačine:

$X = r \cos \theta$
$Y = r \sin \theta$
$Z = Z$

3. Sferne koordinate

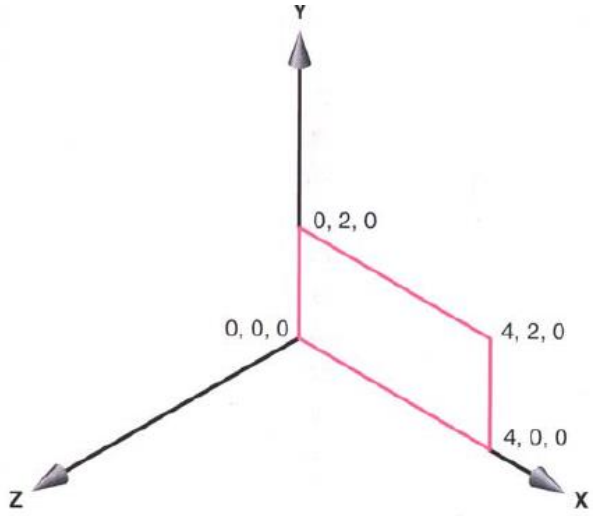
Sferne koordinate se koriste za lociranje tačaka na sfernoj površini specificiranjem dva ugla i jednog rastojanja. Sferne koordinate specificiraju rastojanje od koordinatnog početka na liniji koja je pod uglom u odnosu na X - osu u X-Y ravni, i ugao u odnosu na X-Y ravan (duž površine sfere). Na slici 3.1.6. dat je primer korišćenja sfernih koordinata.



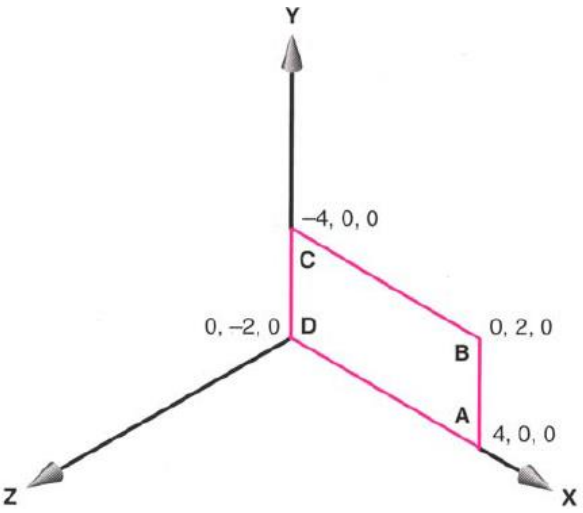
Sl.3.1.6. Sverne kordinate tačke X

Absolutne i relativne koordinate

Absolutne koordinate su uvek definisane u odnosu na koordinatni početak (0,0,0) (sl. 3.1.7). Relativne koordinate definišu se u odnosu na neku prethodno definisanu lokaciju (sl. 3.1.8). Na slici 3.1.8.koordinate su definisane u odnosu na tačku A.



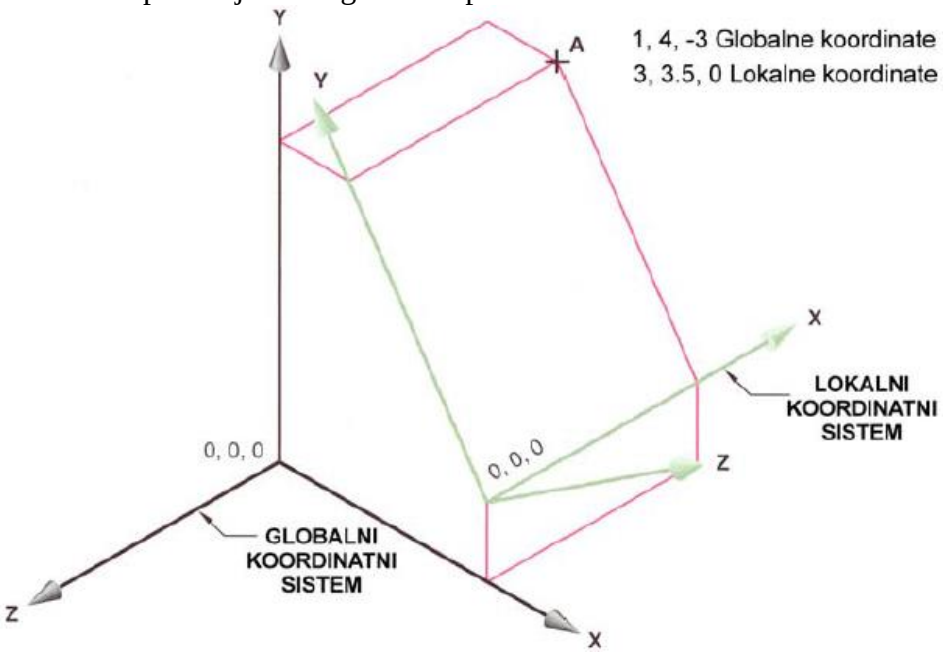
Sl. 3.1.7. Apsoltne kordinate



Sl.3.1.8. Relativne kordinte u odnosu na tačku A

Globalni i lokalni koordinatni sistemi

CAD sistemi koriste dva tipa koordinatnih sistema: globalni i lokalni. I jedan i drugi baziraju na Dekartovim koordinatama (slika 3.1.9). Globalni koordinatni sistem je stacionarni ili referentni sistem, a lokalni je pokretan i može biti postavljen bilo gde u 3D prostoru od strane korisnika.



Sl.3.1.9. Globalni kordinatni sistem

3.2. GEOMETRIJSKI ELEMENTI

Tačke, linije, krugovi i lukovi su osnovne 2D geometrijske primitive ili generatori na osnovu koji se mogu definisati kompleksnije geometrijske forme.

1. Tačke

Tačka predstavlja egzaktnu lokaciju u prostoru, a, teoretski, ne poseduje ni širinu, visinu ni dubinu. Sa CAD je moguće ekstrudirati tačku da bi se dobila linija. Tačka predstavlja i presek dve linije, ili početak, odnosno, kraj duži (konačne linije).

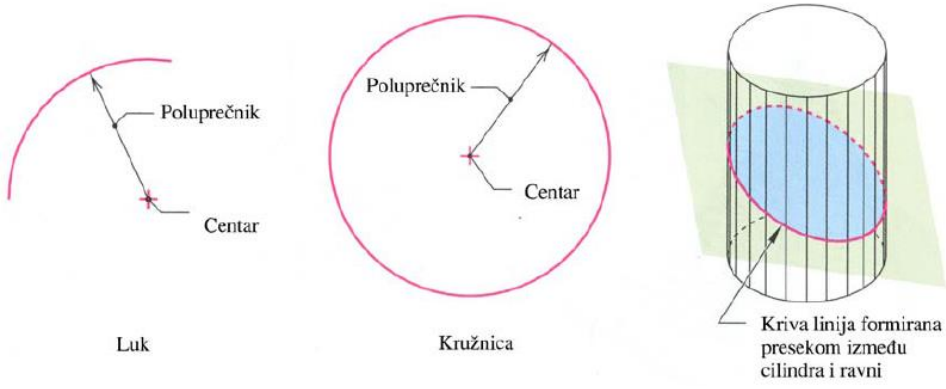
2. Linije

Linija predstavlja geometrijsku primitivu koja ima dužinu i pravac, ali neme debljine. Linija može biti prava, kriva ili njihova kombinacija. CAD omogućava kreiranje kompleksnijih geometrijskih formi odgovarajućim operacijama sa linijama. Kod linija su važne i relacije kao što je paralelnost, presecanje, tangiranje ...

Prava linija se generiše pomeranjem tačke u konstantnom pravcu i može biti konačna ili beskonačna po pitanju dužine.

Dve linije, međusobno, mogu da se seku, mogu biti normalne i mogu biti paralelne. Linije koje predstavljaju presek neparalelnih ravni nazivaju se ivicama.

Kriva linija predstavlja putanju generisanu kretanjem tačke u konstantno promenljivom pravcu ili nastaje kao presek između 3D površine i ravni (sl. 3.2.1.). Krive linije mogu biti ravanske i prostorne.

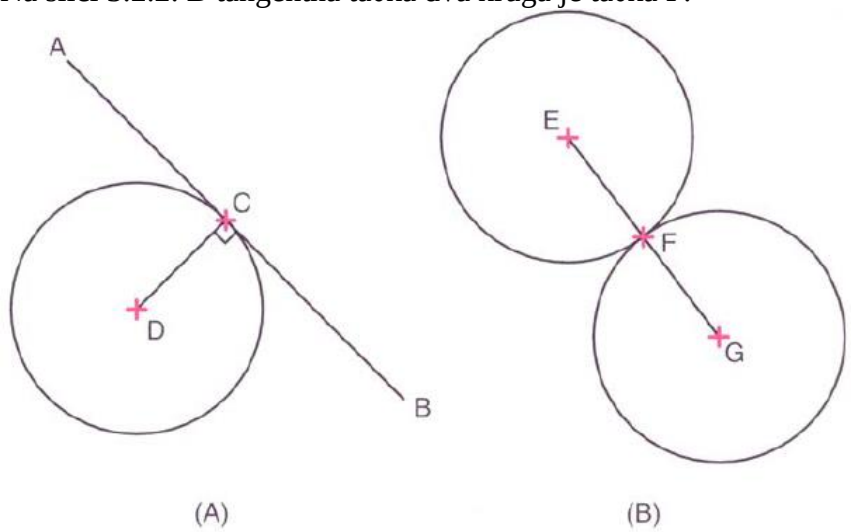


Sl. 3.2.1.. Krive linije

3. Tangente

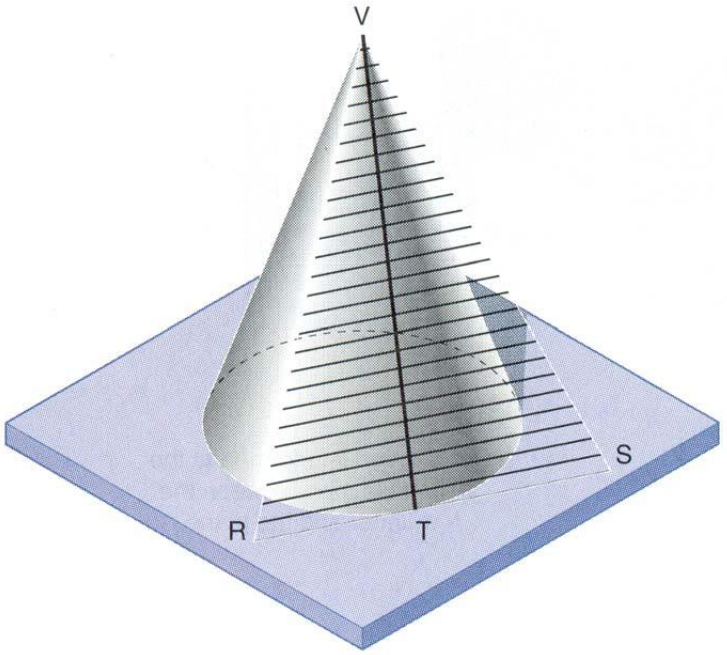
Prava linija je tangenta kada dodiruje krivu u jednoj tački. U toj tački radijus gradi prav ugao (90°) sa tangentnom linijom. Na sl. 3.2.2. A tangentna tačka između kruga i prave je tačka C.

Dve krive tangiraju jedna drugu u jednoj i samo jednoj tački. Kada se dodiruju dva luka ili kruga, linija koja spaja centre definiše tačku dodira. Na slici 3.2.2. B tangentna tačka dva kruga je tačka F.



Sl.3.2.2. Tangente, A-prave, B- tangenta dva kruga

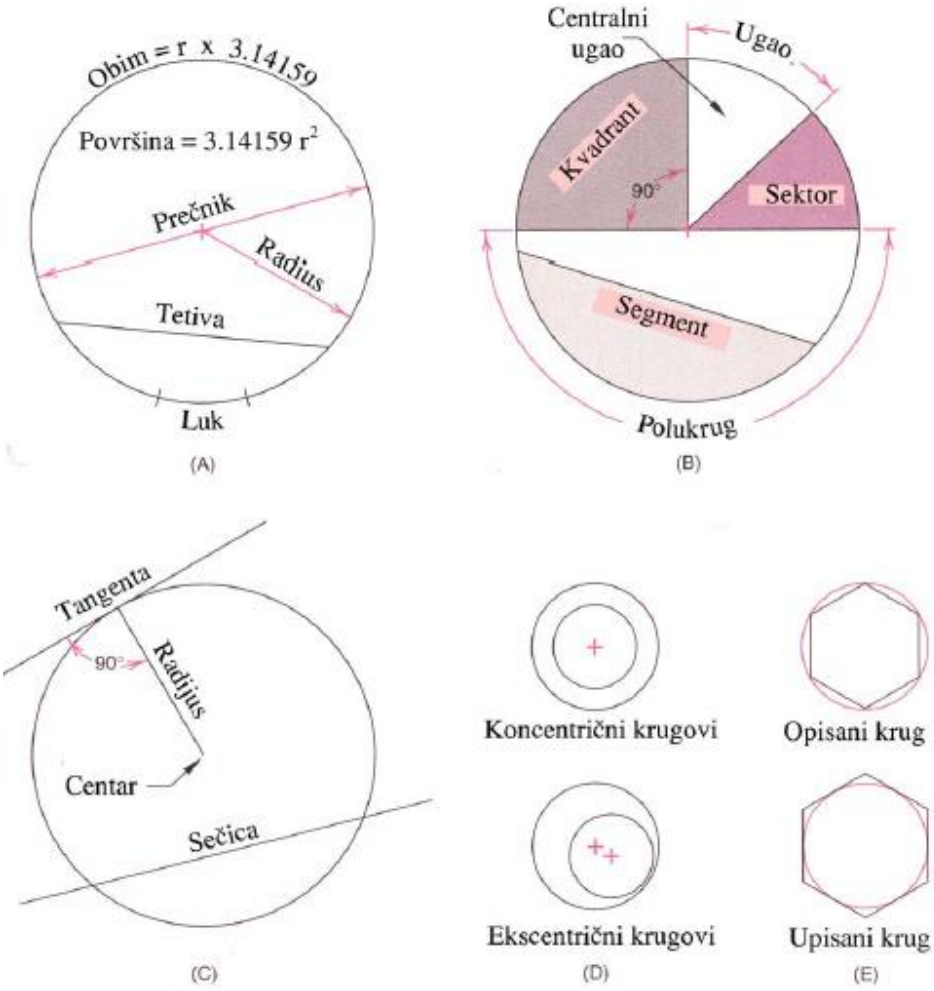
U 3D geometriji ravan je tangenta ako dodiruje ali ne preseca drugu površinu (sl. 3.2.3.)



Sl.3.2.3.Tangentna ravan u 3D

4. Krugovi

Krug je ravanska kriva čije su sve tačke podjednako udaljene od centra. Krug se može kreirati kao presek pravog kružnog konusa ili cilindra i ravni koja je normalna na osu. Elementi kruga su (sl. 3.2.4.):



Sl.3.2.4.. Elementi kruga

Centar	Središnja tačka kruga
Obim	Dužina cele putanje oko kruga
Radijus	Prava linija koja spaja centar i bilo koju tačku na obimu
Tetiva	Prava linija koja spaja bilo koje dve tačke

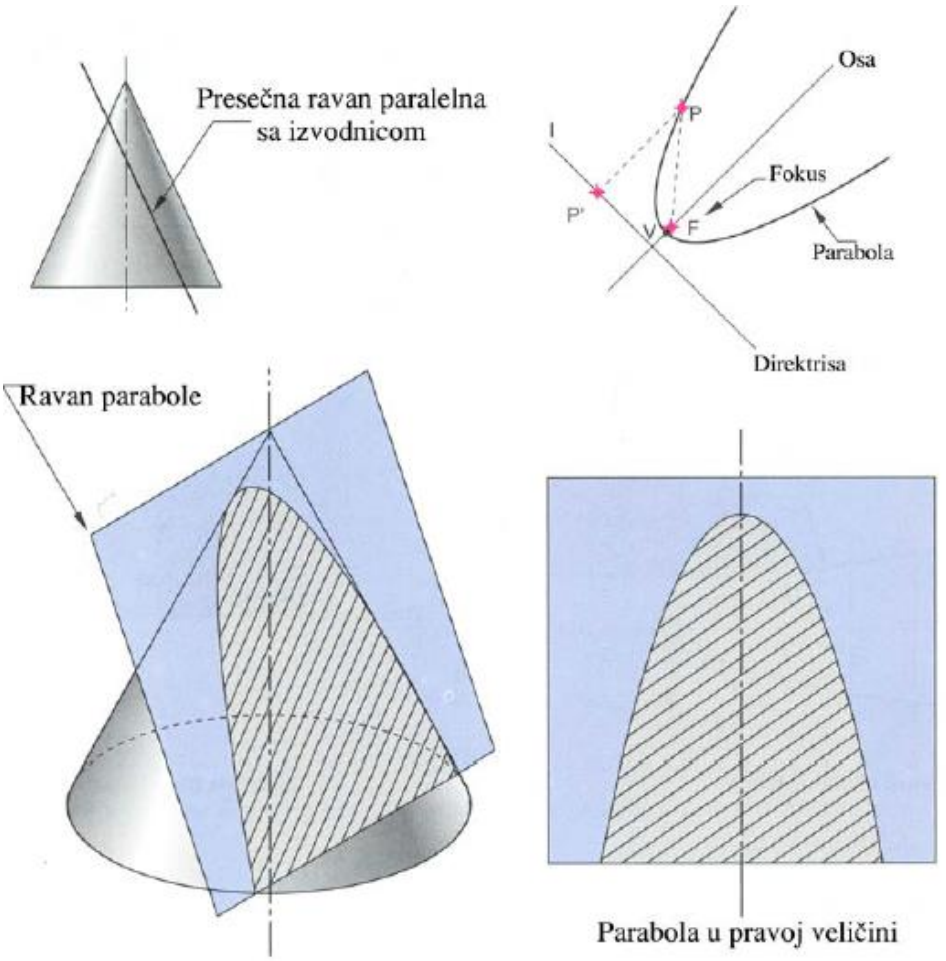
	na obimu
Prečnik	Tetiva koja prolazi kroz centar i jednaka je dvostrukom radijusu
Sečica	Prava linija koja prelazi preko kruga ali ne kroz centar
Luk	Kontinualni segment kruga
Polukrug	Luk koji predstavlja pola obima kruga
Mali luk	Luk manji od polukruga
Veliki luk	Luk veći od polukruga
Centralni ugao	Ugao koga formiraju dva radijusa najčešće malim lukom
Kvadrant	Kružni isečak jednak jednoj četvrtini površine kruga. Radijusi koji ograničavaju kvadrant su međusobno normalni.
Kružni odsečak	Površina ograničena tetivom i malim lukom. Tetiva ne prolazi kroz centar
Tangenta	Linija koja dodiruje krug u jednoj i samo jednoj tački
Koncentrični krugovi	Krugovi različitih radijusa sa istim centrom
Eksentrični krugovi	Krugovi različitih radijusa i centara, ali je jedan krug unutar drugog
Opisani krugovi	Krug nacrtan izvan poligona, tako da su sva temena poligona tačke kruga
Upisani krugovi	Krug nacrtan u poligonu tako da su stranice poligona tangente kruga

3.3. KONUSNI PRESECI - KONIKE

Konusni preseci linije preseka konusne površi ravnima koje ne prolaze kroz vrh. Ravan koja nije paralelna ni sa jednom izvodnicom seče konusnu površ po elipsi (u specijalnom položaju po kružnici).
Ravan paralelna sa jednom izvodnicom seče konusnu površ po paraboli. Ravan paralelna sa dve izvodnice seče konusnu površ po hiperboli.

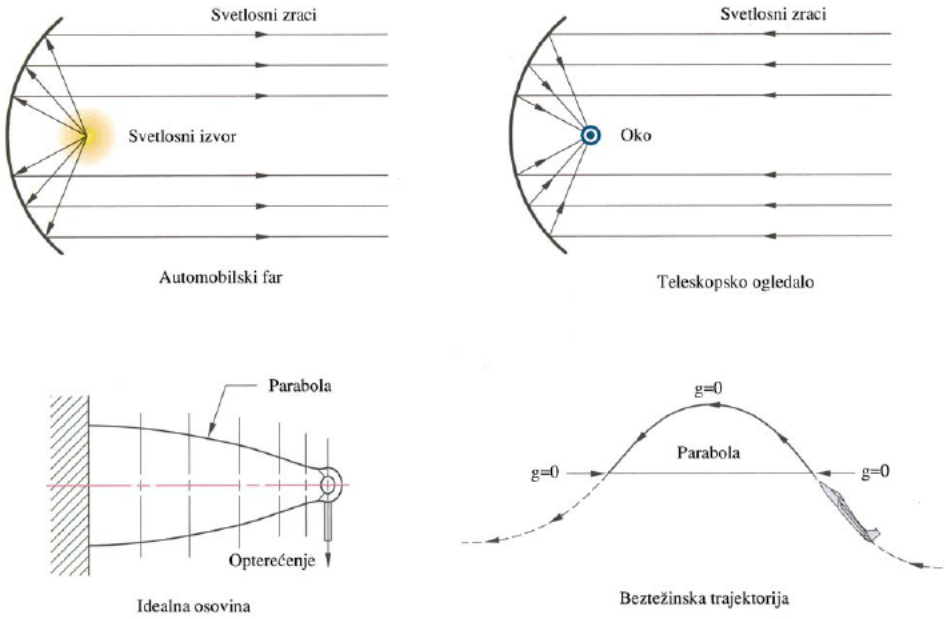
1. Parabola

Parabola se dobija kada se konusna površ preseče sa ravni koja je paralelna sa jednom izvodnicom (slika 3.3.1). Matematički, parabola se može definisati kao geometrijsko mesto tačaka u ravni koje imaju podjednako udaljenje od zadate tačke, nazvane fokus, i fiksne linije nazvane direktrisa.



Sl. 3.3.1. Parabola

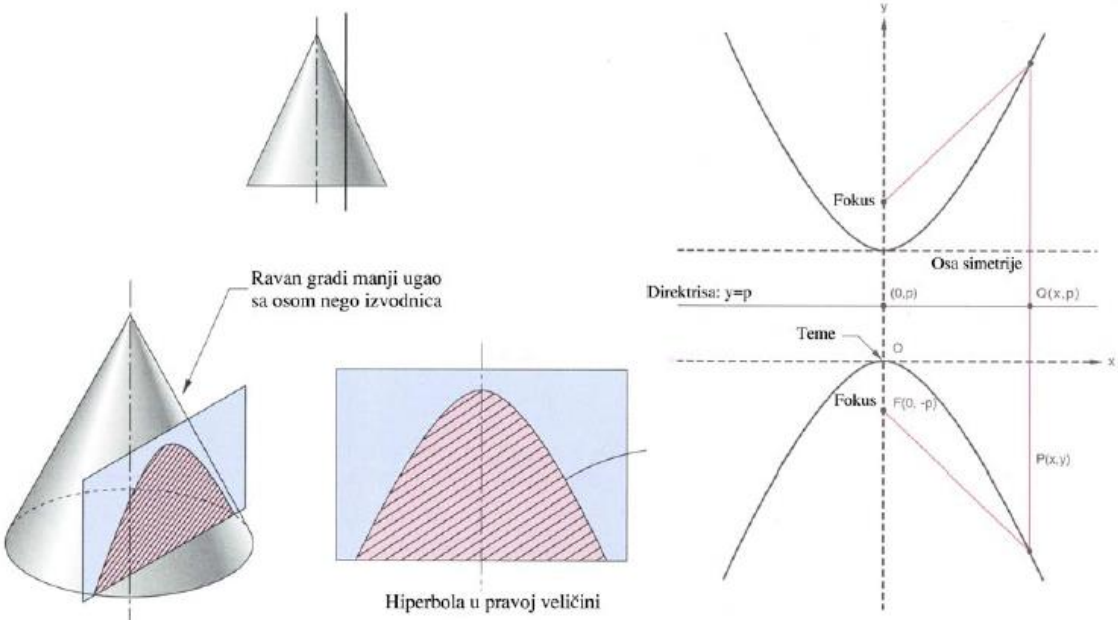
Parabola ima jedinstvenu reflektivnu karakteristiku. Zraci, nastali u fokusu parabole, se reflektuju iz parabole u pravcu paralelnom osi, a zraci koji dolaze u parabolu, u pravcu paralelnom osi, reflektuju se u fokus. Ova karakteristika parabole koristi se u izradi ogledala za teleskope, antene radarskih sistema, farove automobila ... Oblik parabole ima tzv. idealna osovina (poprečni presek joj se menja tačno prema promeni naprezanja), pa se zbog toga koristi kod projektovanja lukova mostova. Bestežinsko stanje izaziva se prelaskom aviona u penjanje po grbi parabole čija osa je upravljena u središte Zemlje (slika 3.3.2.). Po paraboli se kreću projektili izbačeni kosim hicem, itd.



Sl.3.3.2. Grafički prikaz parabole

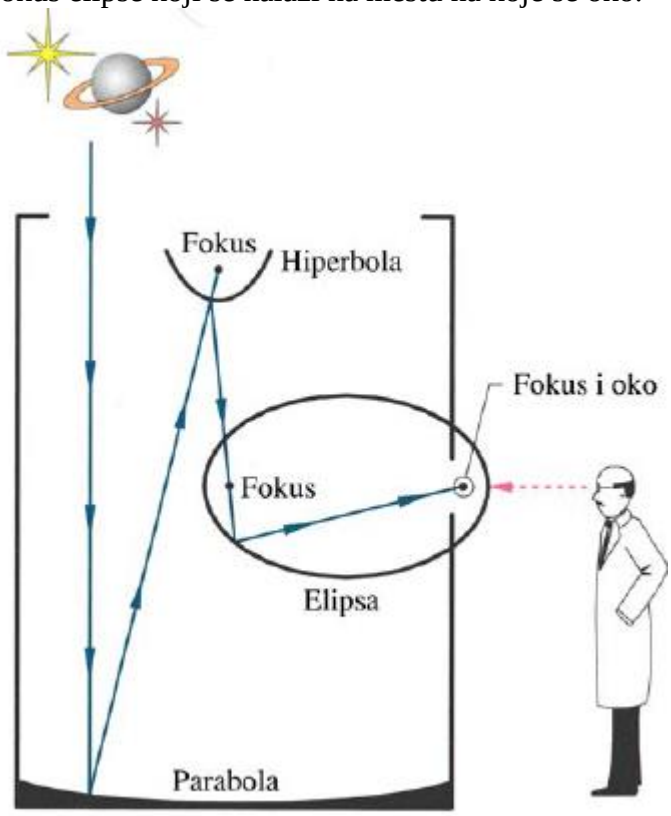
2. Hiperbola

Hiperbola se dobija kada se konusna površ preseče sa ravni koja je paralelna sa dve izvodnice, odnosno kada presečna ravan gradi manji ugao sa osom nego izvodnica (sl. 3.3.3.).



Sl. 3.3.3. Nastajanje hiperbole

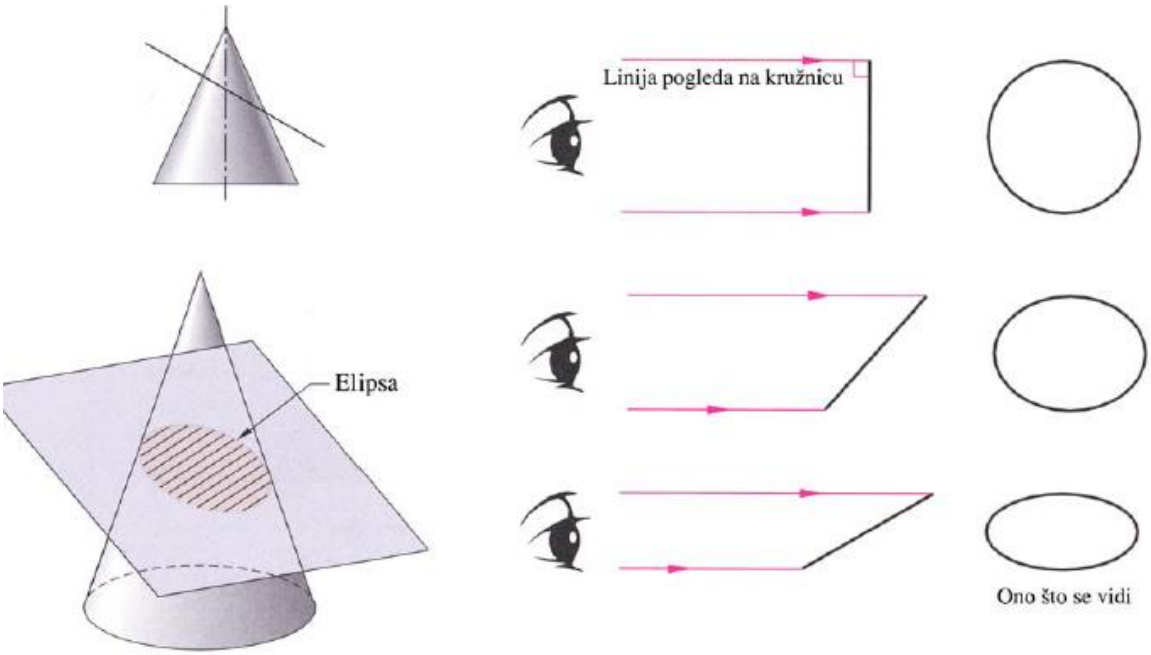
Hiperbolične putanje se koriste kod radio navigacionih sistema. Takođe, u fizici, hperbola je našla mesto u Ajnštajnovoj teoriji relativiteta. Teleskop koristi eliptična, hiperbolična i parabolična ogledala (sl. 3.3.4).
Svetlosni zrak iz svemira pada na primarno parabolično ogledalo u bazi teleskopa i usmerava ga u fokus parabole. Hiperbolično ogledalo je pozicionirano tako da fokus parabole i jedan fokus hiperbole budu u istoj ravni. Zrak usmeren sa paraboličnog ogledala pada na hiperbolično ogledalo i prolazi kroz drugi fokus hiperbole. Ovaj fokus je zajednički sa fokusom parcijalnog eliptičnog ogledala. Svetlosni zrak se tada usmerava kroz drugi fokus elipse koji se nalazi na mestu na koje se oko.



Sl.3.3.4. Teleskop sa sa paraboličnim i hiperboličnim ogledalima

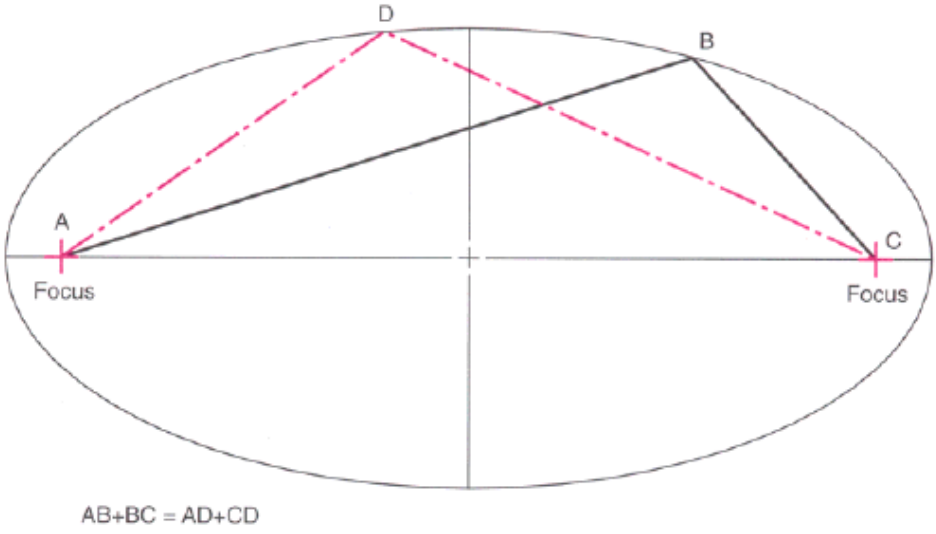
3. Elipse

Ravan koja nije paralelna ni sa jednom izvodnicom seče konusnu površ po elipsi (u specijalnom položaju po kružnici) (sl. 3.3.5). Takođe, i krug koji se gleda pod uglom vidi se kao elipsa.



Sl.3.3.5. Nastajanje elipse

Matematičko, elipsa predstavlja geometrijsko mesto tačaka u ravni, kod kojeg je zbir rastojanja svake tačke od dve fiksirane tačke (fokusi) u ravni konstantan (sl. 3.3.6). Elipsu karakterišu veliki i mali prečnik. Fokusi se nalaze na velikom prežniku. CAD sistemi automatski generišu elipsu, kada se zadaju veliki i mali prečnik i centar.



Sl.3.3.6. Konstrukcija elipse

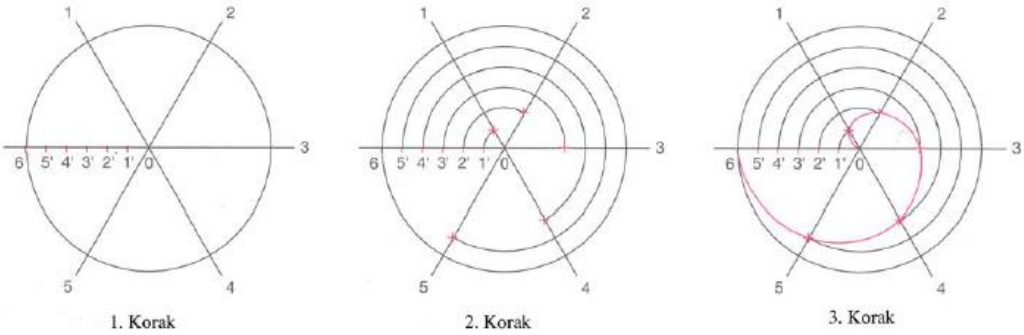
Elipsa ima iste reflektivne karakteristike kao parabola. Elipsa se koristi i u astronomiji. Prvi Keplerov zakon tvrdi da je orbita svake planete u solarnom sistemu eliptična, sa Suncem u jednom fokusu. I sateliti lansirani u Zemljinu orbitu obilaze Zemlju po eliptičnim putanjama.

3.4. RULETE

Rulete su krive generisane kotrljajućim kontaktom jedne krive ili linije sa drugom krivom ili linijom. Pokretna tačka se naziva generišuća tačka. Ruleta se konstruiše tako što se pomera kotrljajuća kriva ili linija u određeni broj novih pozicija, markiraju odgovarajuće pozicije generišuće tačke i iscrtava kriva koja spaja te pozicije. U inženjerstvu se, od ruleta, najviše koriste spirale, cikloide i evolvente (involute).

1. Spirala

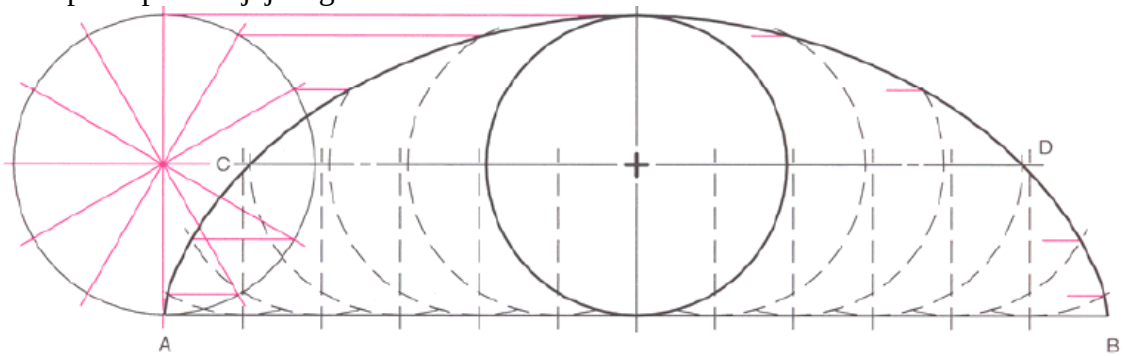
Konstrukcija spirale (Arhimedove) prikazana je na sl. 3.4.1.



Sl.3.4.1. Konstrukcija spirale

2. Cikloida

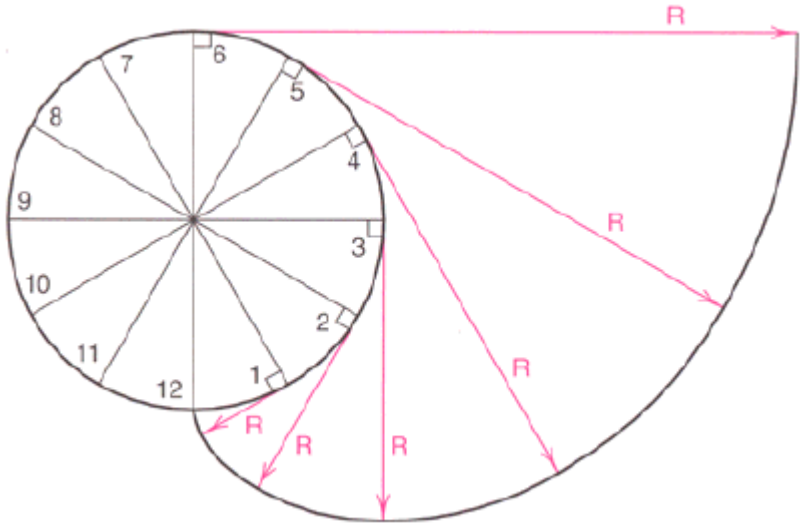
Konstrukcija cikloide prikazana je na sl. 3.4.2. Cikloide se koriste u kinematici (studije kretanja) i kod mehanizama koji funkcionišu na principu kotrljajućeg kontaka.



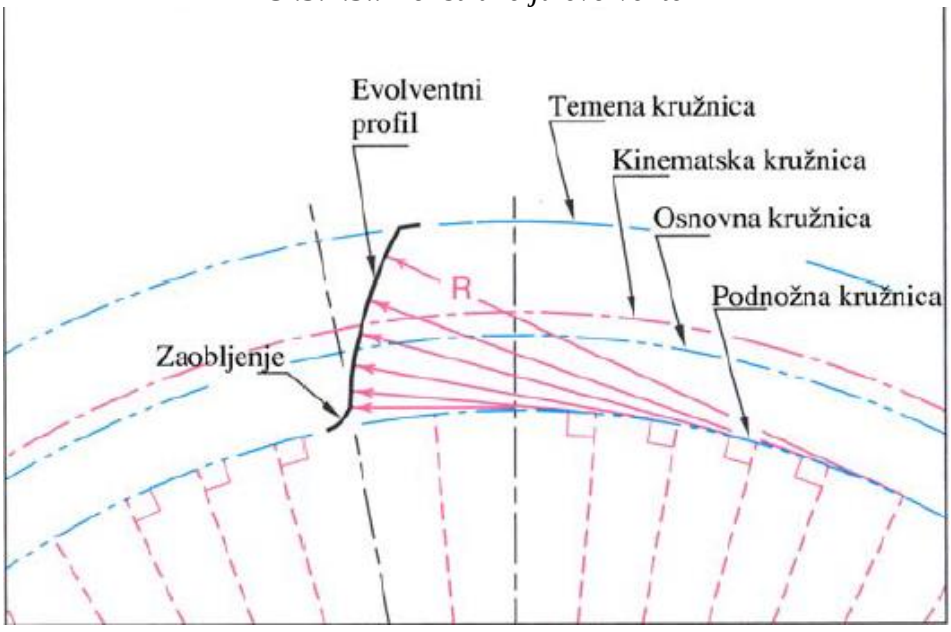
Sl. 3.4.2. Konstrukcija cikloide

3. Evolventa

Konstrukcija evolvente prikazana je na sl. 3.4.3. Bokovi zubaca zupčanika predstavljaju evolvente. Evolventni profil zubaca omogućava prenos kretanja bez klizanja sa konstantnom brzinom, što je veoma važno kod mehanizama koji koriste zupčanike. Slika 3.4.4. prikazuje evolventni profil zubca zupčanika generisan na način prikazan na slici.



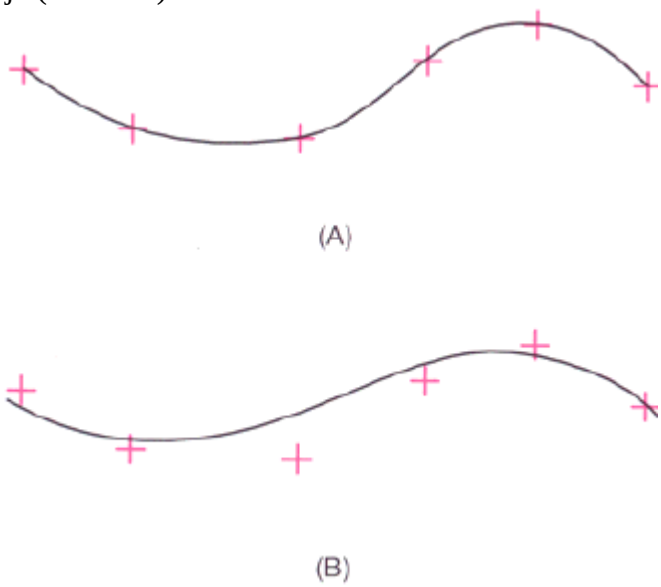
Sl.3.4.3.. Konstrukcija evolvente



Sl. 3.4.4. Evolventni profil zubca zupčanika

3.5. KRIVE SLOBODNOG OBLIKA

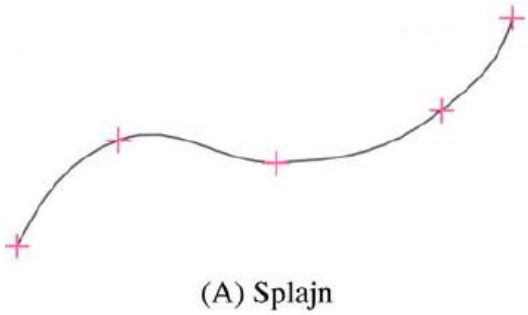
Kompleksnije krive linije, koje se koriste u projektovanju, nazivaju se krive slobodne forme. Za CAD sisteme razvijena su tri tipa krivih slobodne forme: splajnovi, Bezijerove krive i B-splajn. Ove krive se opisuju parametarskim jednačinama gde se X i Y koordinate kontrolnih tačaka računaju kao funkcije treće promenljive - parametra. Ako generisana kriva povezuje sve kontrolne tačke, proces se naziva interpolacija, a ako kriva spaja direktno najveći broj, ali ne sve, kontrolne tačke proces se naziva aproksimacija (sl. 3.5.1.).

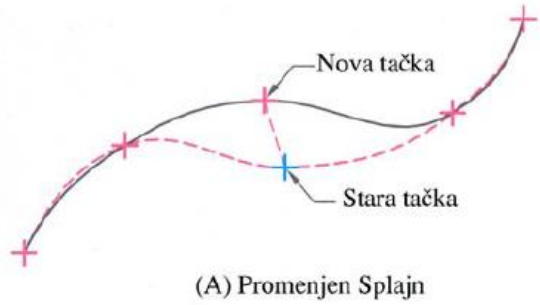


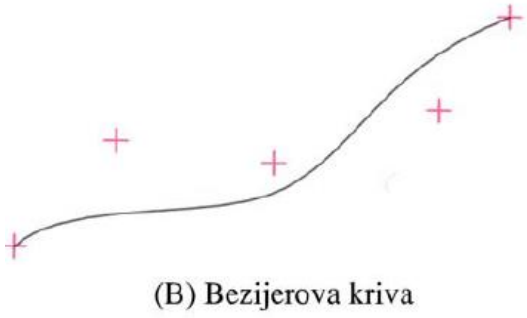
Sl.3.5.1. Krive slobodnog oblika

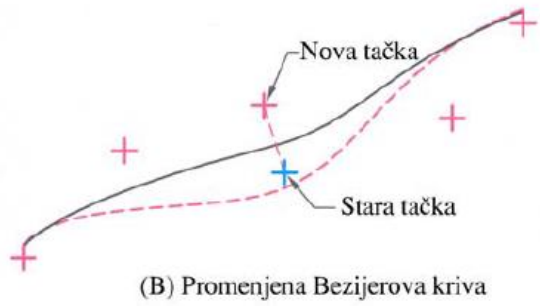
1. Splajn

Splajn predstavlja glatku krivu slobodnog oblika koja sadrži niz kontrolnih tačaka (sl.3.5.2/A). Promena bilo koje kontrolne tačke rezultira i promenom same krive, tako da kriva prolazi kroz novu tačku (sl. 3.5.2/ B).

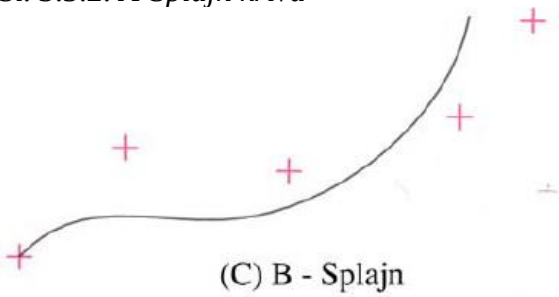


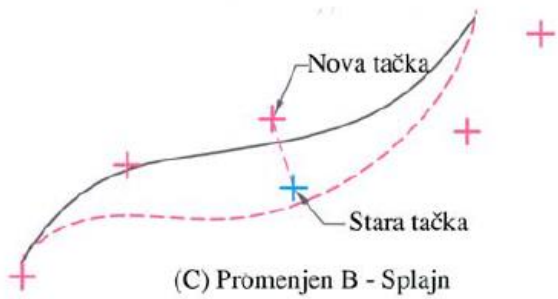






Sl. 3.5.2. A-Splajn kriva *Sl.3.5.2.B-Splajn sa promjenom*





Sl.3.5.3.C- Splajn sa promjenom

2. Bezijerova i B-splajn kriva

U kompjuterskoj grafici je moguće kreirati krivu, koja se može lako modifikovati) koja prolazi blisko, ali ne kroz kontrolne tačke. Takve krive, nazvane aproksimacijama, uključuju Bezijerovu i B-splajn krivu.

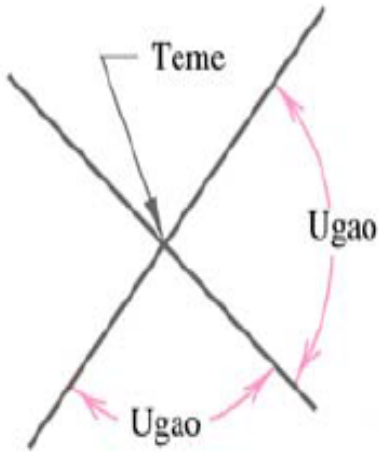
Bezijer, iz Francuske fabrike automobila Reno, razvio je aproksimativnu krivu koja projektantu obezbeđuje veću fleksibilnost od onih koje su obezbeđivale interpolacione tehnike. Ta matematička kriva, poznata pod imenom Bezijerova kriva, koristi niz kontrolnih tačaka koje samo

aproksimiraju krivu (sl.3.5.2.B). Bezijerova kriva se dosta koristi u projektovanju zbog toga što prva i poslednja kontrolna tačka leže na samoj krivoj. Međutim, promena pozicije bilo koje kontrolne tačke izaziva promenu oblika cele krive. Znači, modifikacie nisu lokalizovane - ne postoji lokalna kontrola (sl. 3.5.3 B).
B-splajn kriva, za niz kontrolnih tačaka, aproksimira krivu i obezbeđuje lokalnu kontrolu (sl. 3.5.3C). Lokalna promena pozicije neke od kontrolnih tačka ne rezultira globalnom promenim cele krive već promenom krive kod par susednih kontrolnih tačaka (sl. 3.5.3 C).

3.6. UGLOVI

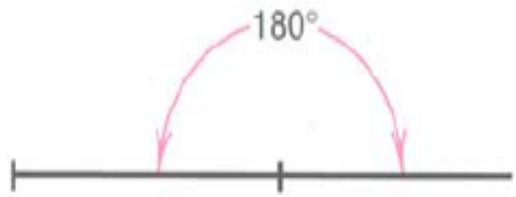
Uglovi predstavljaju vrh preseka dve prave ili ravni. Kategorisani su po veličini kao (sl. 3.6.1):

Opružen ugao - ugao od 180°.
Prav ugao - ugao od 90°.
Oštar ugao - ugao manji od 90°.
Tup ugao - ugao veći od 90°.
Komplementarni uglovi - Dva susedna ugla čiji je zbir 90°.
Suplementarni uglovi - Dva susedna ugla čiji je zbir 180°.



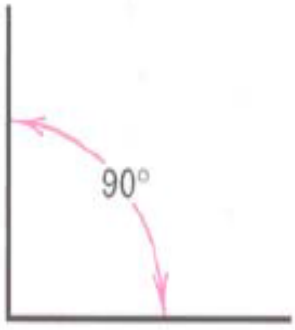
Dve linije koje se seku

(A)



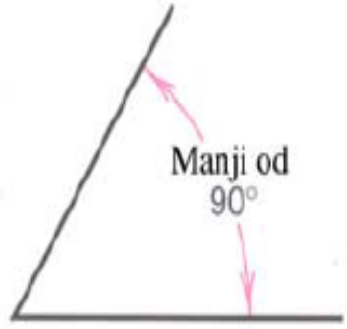
Opružen ugao

(B)



Prav ugao

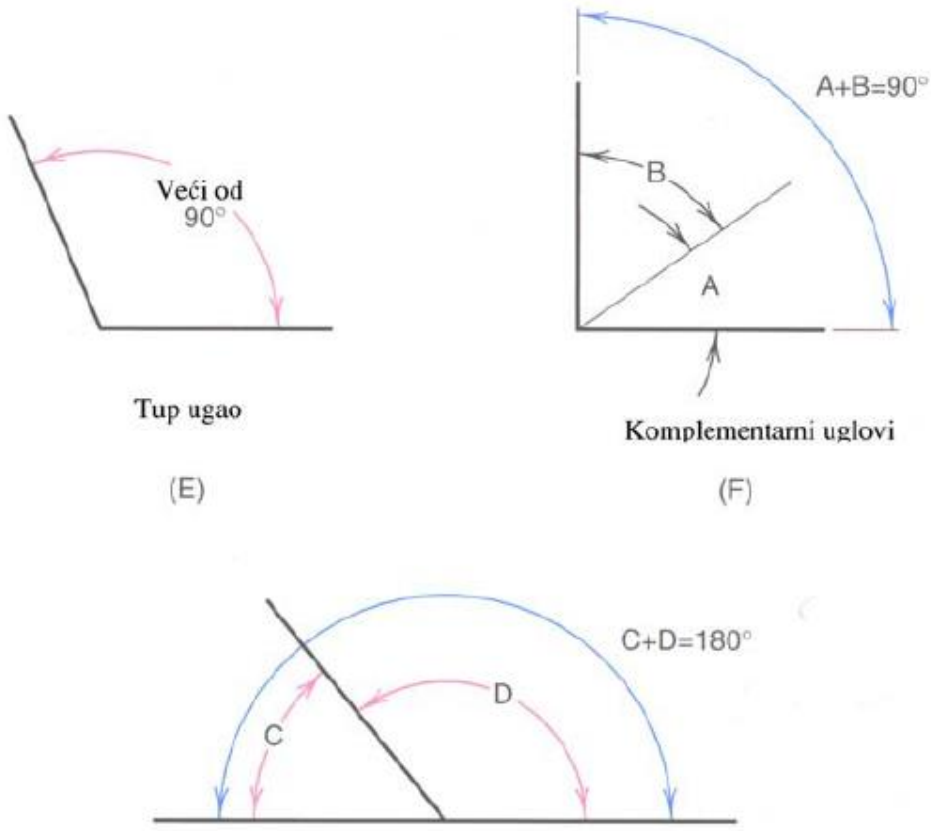
(C)



Oštar ugao

(D)

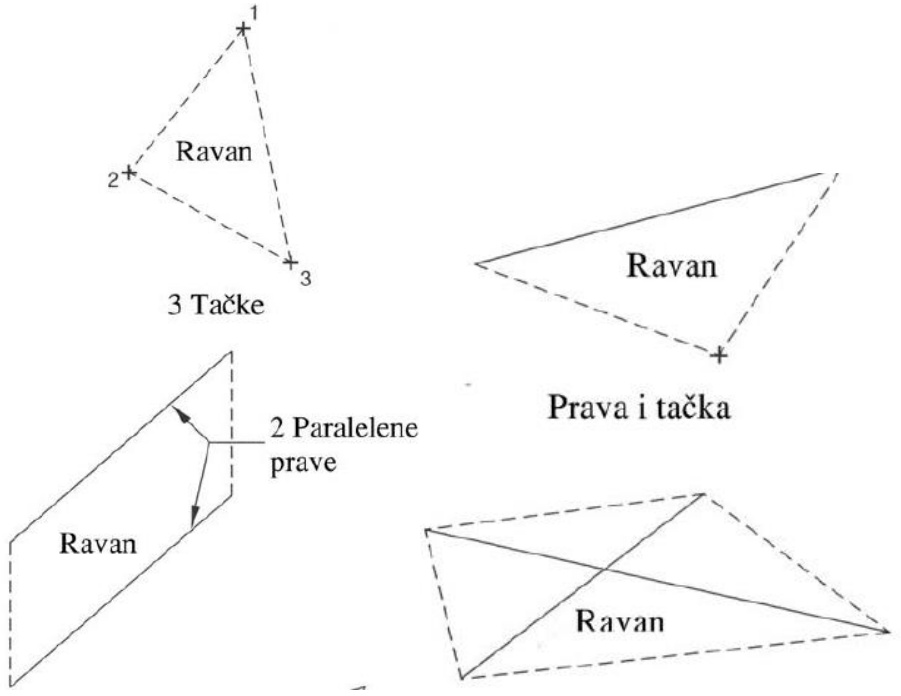
Sl.3.6.1/a. Kategorija uglova



Sl.3.6.1/b. Kategorija uglova

3.7. RAVAN

Ravan predstavlja 2D površinu koja se može definisati sa tri tačke (ne na jednoj pravoj), dve paralelne prave, dve prave koje se seku i pravom i tačkom koja ne pripada toj pravi (sl. 3.7.1). Ravan može biti konačna i beskonačna.



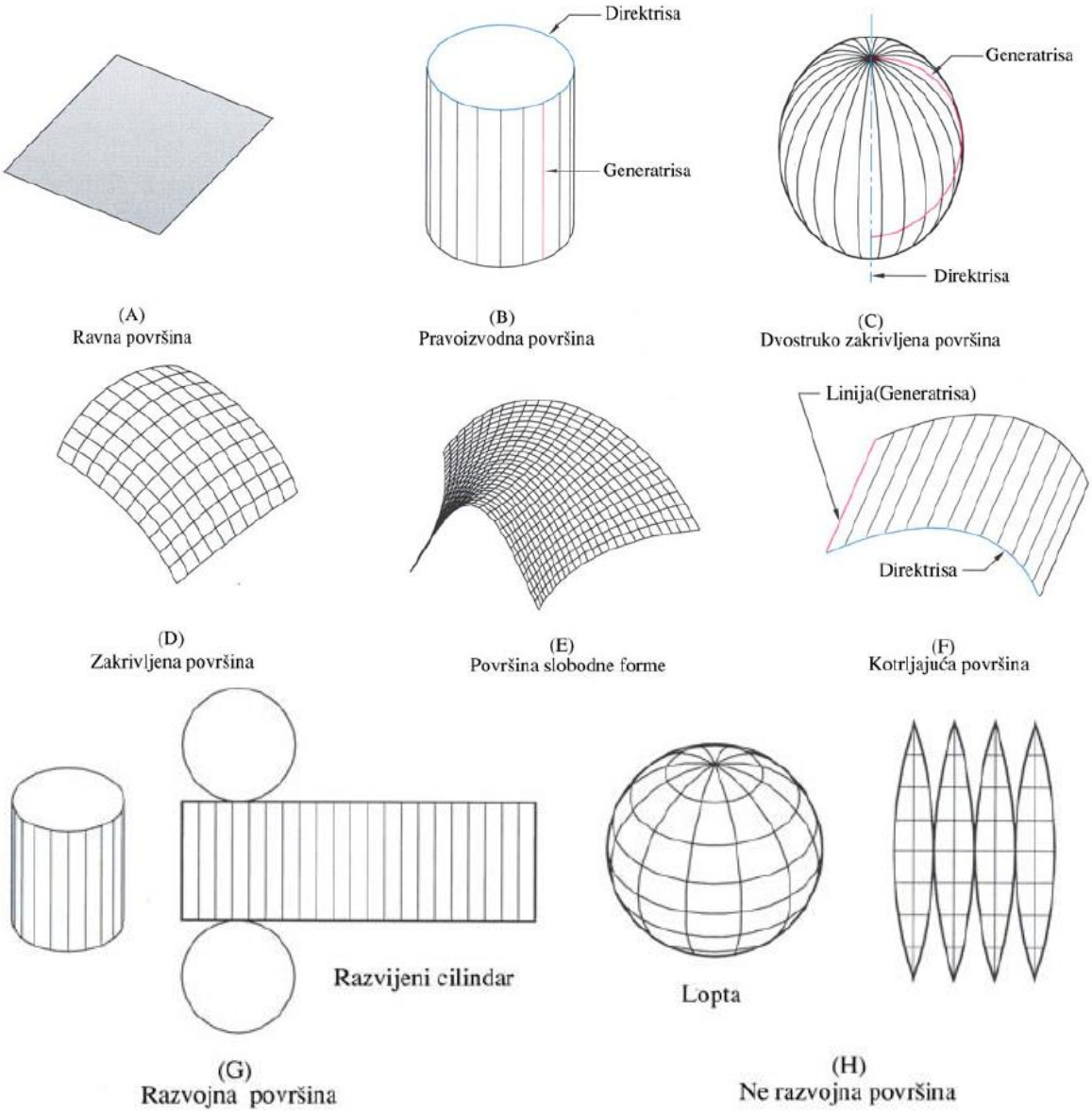
Sl.3.7.1. Ravan

Praktično, ravan ima širinu i dužinu, ali nema debljinu.

3.8. POVRŠINE

Površina predstavlja konačni deo ravni. Kao što prava predstavlja putanju pokretne tačke, tako površina predstavlja putanju pokretne linije koja se naziva generatrisa. Generatrisa može biti prava i kriva linija. Putanja po kojoj se kreće generatrisa naziva se direktrisa. Direktrisa može biti tačka, prava linija ili kriva linija.

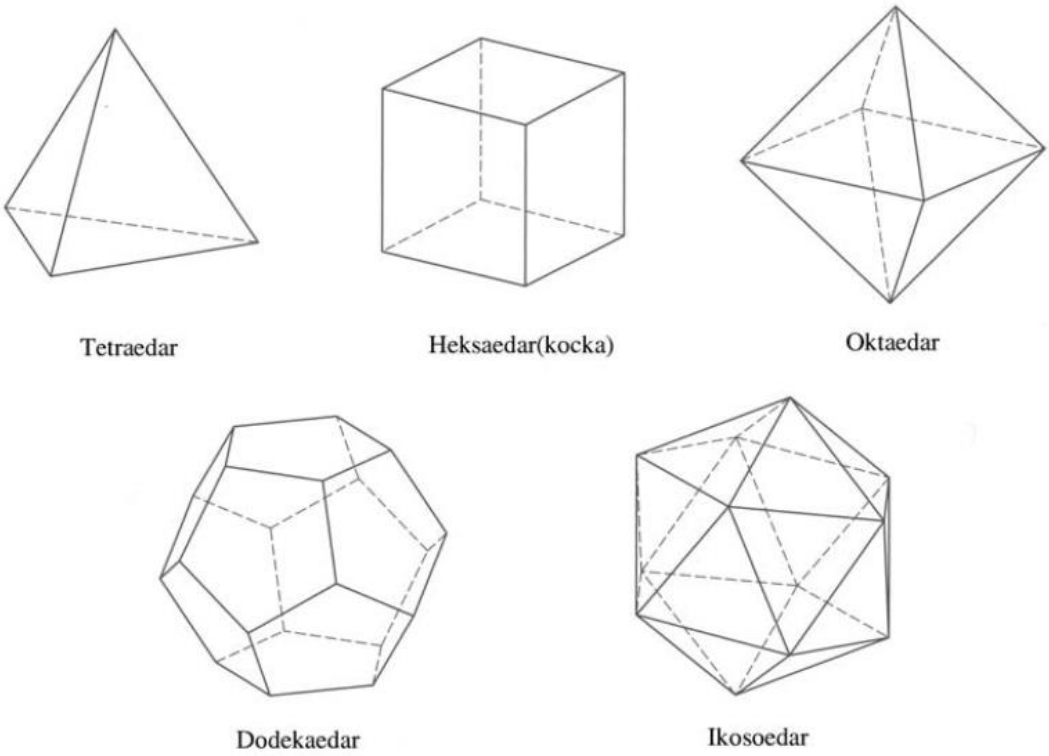
Oblik površine je u direktnoj zavisnosti od pokretne linije kojom se ta površina generiše. Površine se, u principu, dele na ravne (poligoni) , pravoizvodne (cilindar - prav, kosi, konus - prav, kosi, zarubljen), dvostruko zakrivljene, krive i slobodne forme (sl. 3.8.1. A, B, C, D, E). Površine se mogu, takođe, podeliti na one koje se mogu ili ne mogu razviti (sl.3.8.1. F, G, H).



Sl.3.8.1. Vrste površina

3.9. POLIEDRI

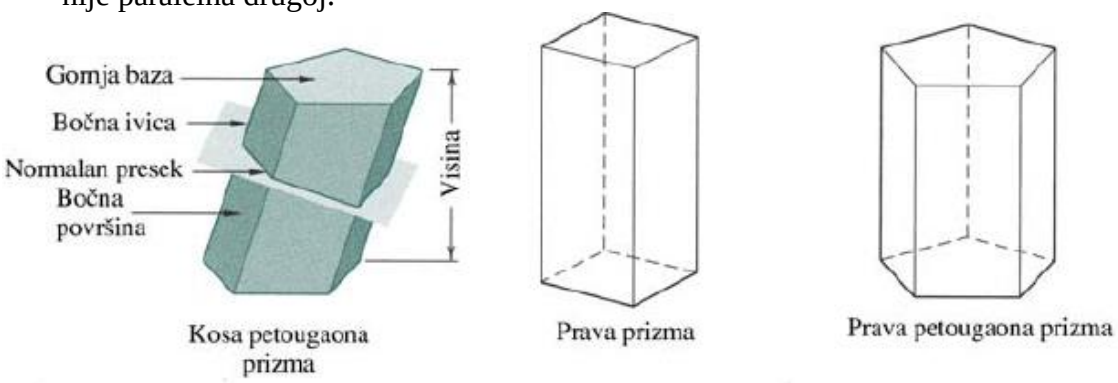
Poliedri predstavljaju simetrične ili nesimetrične 3D geometrijske površine ili puna tela čije su stranice poligoni. Regularni poliedri za stranice imaju regularne poligone (sa jednakim ivicama) i to su (sl. 3.9.1.): tetraedar (strane - 4 jednakostranična trougla), heksaedar (strane - 6 kvadrata), oktaedar (strane - 8 jednakostraničnih trouglova), dodekaedar (strane - 12 pravilnih petouglova) i ikosaedar (strane - 20 jednakostranična trougla).



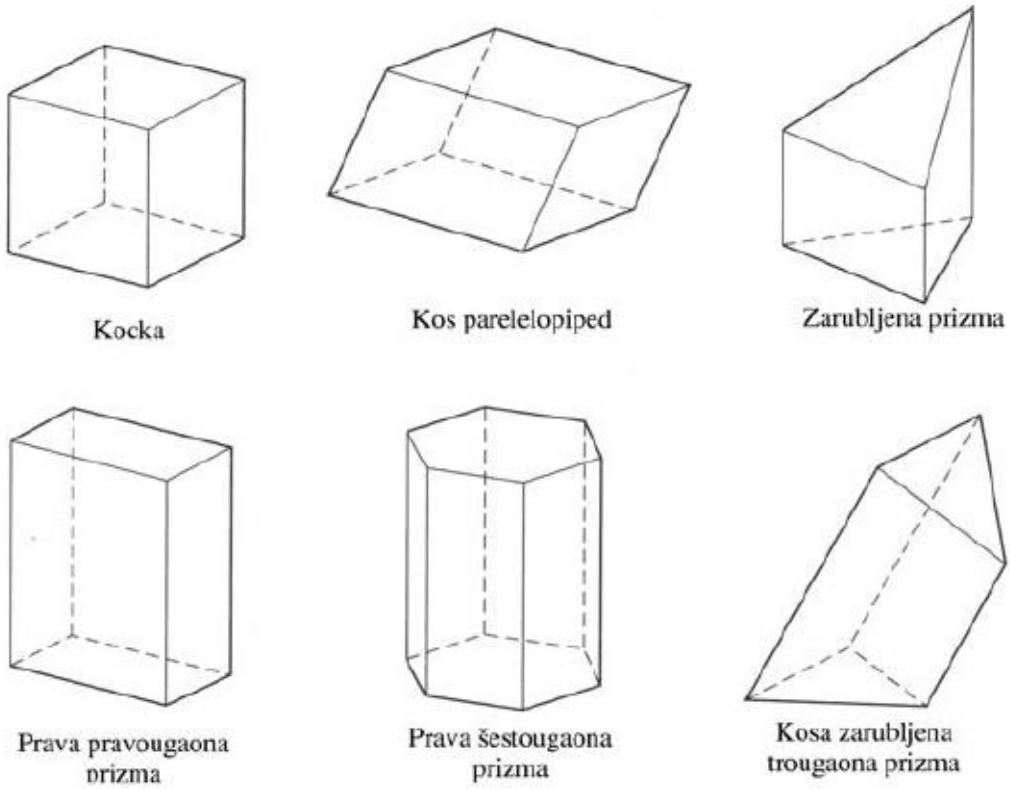
Sl.3.9.1. Poliederi

3.10. PRIZME

Prizme su poliedri sa dve jednake paralelne baze (koje mogu biti bilo kakvog oblika) koje su povezane bočnim stranama koje su paralelogrami (sl. 3.10.1.). Prava koja povezuje centre baza naziva se osa. Ako je osa normalna na baze, onda se još naziva i visisna, a prizma je prava. Ako osa nije normalna na baze prizma je kosa. Zarubljena prizma predstavlja prizmu kod koje je jedna strana dsečena formirajući novu bazu koja sada nije paralelna drugoj.



Sl. 3.10.1/a. Prizme



Sl. 3.10.1/b. Prizme

3.11. PIRAMIDE

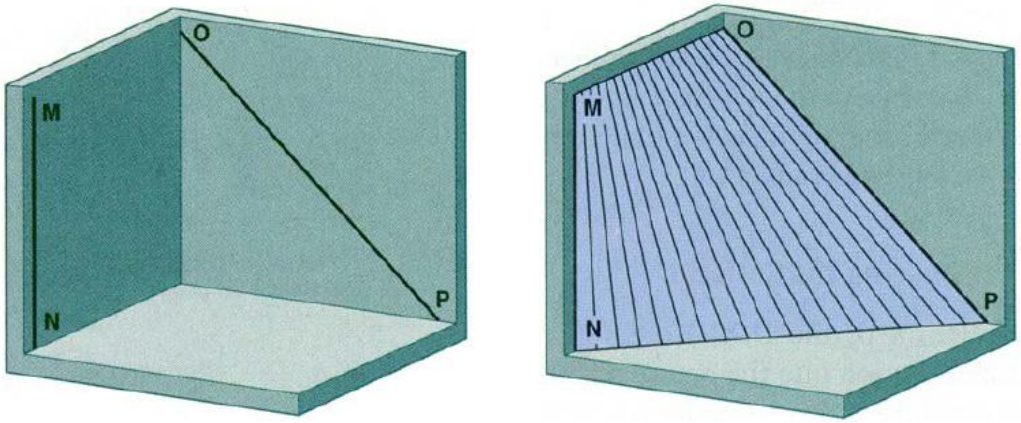
Piramide predstavljaju poliedre koji za bazu ima poligon, a bočne strane imaju zajedničku presečnu tačku koja se naziva vrh - teme. Osa piramide je prava koja povezuje vrh sa centrom baze. Razlikujemo prave i kose piramide (sl. 3.11.1.). Zarubljena piramida nastaje odsecanjem vrha.



Sl.3.11.1. Piramide

3.12. KRIVE POVRŠINE

Krive površine spadaju u klasu dvostruko zakrivljenih 3D površina, a nastaju kretanjem prave linije tako da su dva uzastopna položaja zakrivljena odn. nisu u istoj ravni. Na sl. 3.12.1. dat je primer krive povrŠine. Prave MN i OP nisu ni paralelne niti se seku. Da bi se one spojile jednom gladkom površinom, u cilju formiranja dela auto karoserije na pr., mora se koristiti kriva površina.



Sl.3.12.1. Krive površine

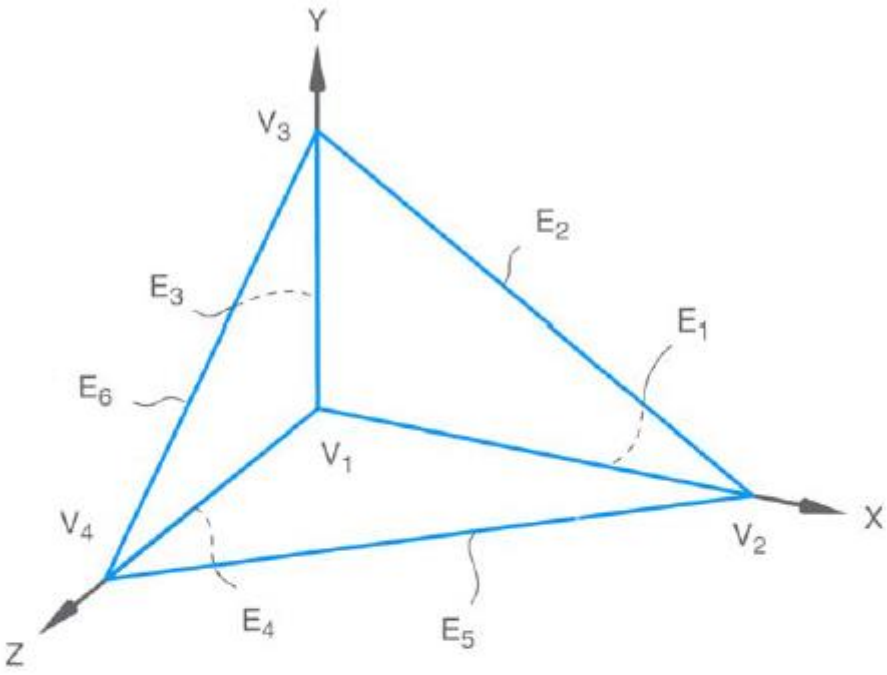
3.13. 3D MODELIRANJE

Konvencionalni način komuniciranja u procesu inženjerskog projektovanja bio je pomoću ručno izrađenih crteža. Pojavom CAD alata

pomenuti 2D crteži su formirani pomoću računara. 3D modeliranje, kao nastavak usavršavanja inženjerskog komuniciranja, omogućava najprirodniji način komuniciranja u procesu projektovanja. U nastavku se daju osnovne informacije o dva opšta prilaza u gradnji 3D računarskog modela.

Žičani model

Najjednostavniji 3D modeler je žičani modeler. Kod ovog modelera, koji predstavlja prirodni nastavak 2D CAD, dva tipa elemenata moraju biti definisana u bazi podataka: ivice i temena (sl. 313.1.).

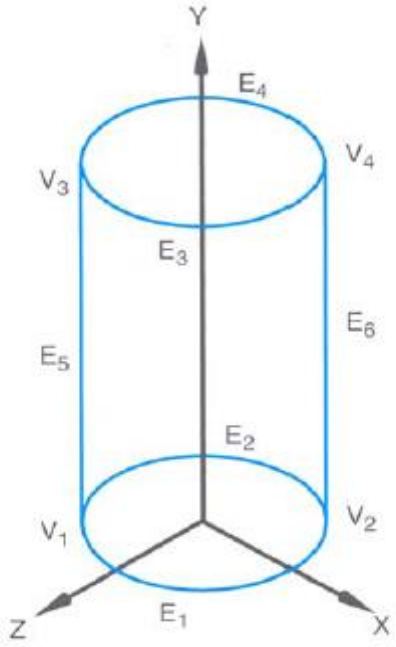


Lista temena	
V_1	(0, 0, 0)
V_2	(1, 0, 0)
V_3	(0, 1, 0)
V_4	(0, 0, 1)

Lista ivica	
E_1	$<V_1, V_2>$
E_2	$<V_2, V_3>$
E_3	$<V_3, V_1>$
E_4	$<V_1, V_4>$
E_5	$<V_2, V_4>$
E_6	$<V_3, V_4>$

Sl. 3.13.1. 3D modeliranje

Za tetraedar sa slike lista temena sadrži geometrijske informacije o modelu. Svako teme je definisano odgovarajućim koordinatama koje pozicioniraju model u prostoru. Topologija modela je definisana preko liste ivica, koja ne sadrži informacije o koordinatama. Lokacija, orijentacija i dužina moraju biti određeni indirektno, proračunski preko temena na krajevima ivica. Na pr., ivica E1 sadrži temena V1 i V2. Koordinate V1(0,0,0) i V2(1,0,0) indiciraju da E1 ima dužinu 1 i orijentaciju u pravcu X-ose.
Većina žičanih modelera podržava zakrivljene ivice kao i prave. Zbog dodatne matematičke kompleksnosti, zakrivljene ivice su obično samo kružne krive. Primer cilindra dat je na slici 3.13.2.

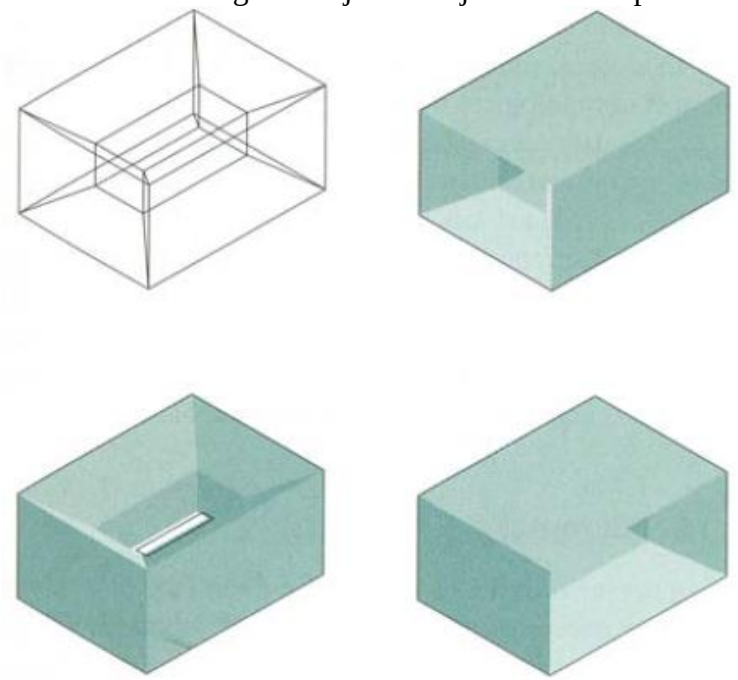


Lista temena	Lista ivica	Tip
V_1 (–1, 0, 1)	$E_1 < V_1, V_2 >$	Circular
V_2 (1, 0, –1)	$E_2 < V_2, V_1 >$	Circular
V_3 (–1, 5, 1)	$E_3 < V_3, V_4 >$	Circular
V_4 (1, 5, –1)	$E_4 < V_4, V_3 >$	Circular
	$E_5 < V_1, V_3 >$	Linear
	$E_6 < V_2, V_4 >$	Linear

Sl.3.13.2. 3D modeliranje

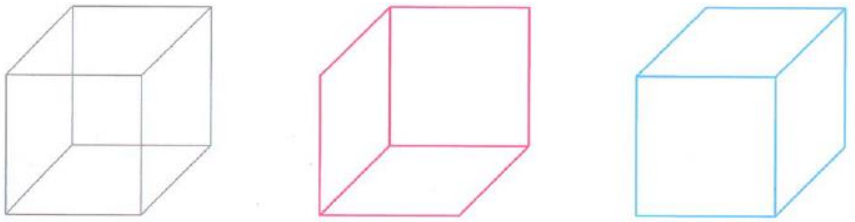
Upotreba zakrivljenih ivica u žičanom modelu pokazuje nedostatke žičanog modela kao reprezenta 3D objekta. Krajnje površine cilindra su definisane sa kontinualnim kružnim ivicama. Sa druge strane cilindar nema

bočnih stranica. To stvara teškoće žičanom modeleru da poveže gornju i donju stranu cilindra. Dve linerane ivice (E5, E6), prikazane na slici su veštačka tvorevina i neophodne su da bi se objekat mogao vizuelizirati.
Žičani modeli imaju problem sa jednoznačnošću. Slika 3.13.3. prikazuje žičani model i neke od mogućih objekata koje on može reprezentovati.



Sl.3.13.3. Žičani 3D model

U modelu, nedostatak informacija dovodi nejasnoća i dvosmislenosti u pogledu orijentacije objekta u prostoru. Na slici 3.13.4. prikazan je tipičan primer za ovaj slučaj - Necker-ova kocka, gde je osnovno pitanje šta je ispred a šta iza.



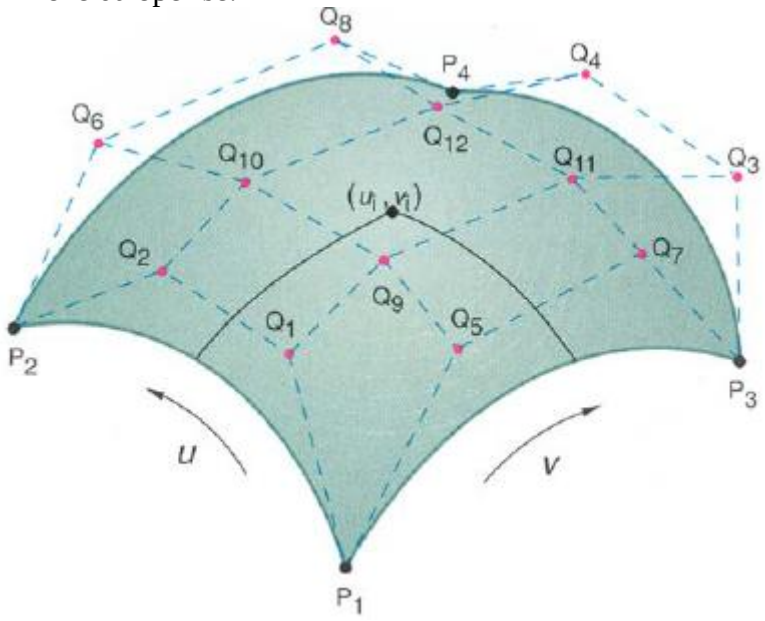
Sl.3.13.4. Žičani 3D model

3.14. MODELIRANJE POVRŠINE

Potrebe tržišta za raznovrsnijim proizvodima dovele su do razvoja sistema koji koriste matematički opis zakrivljenih površina. Parametarske metode su prilagođene tako da omogućavaju precizan opis zakrivljenosti površine

u sve tri dimenzije. Površinski modeli definišu karakteristike površina kao i ivice objekta.

Kompleksne površine slobodne forme se aproksimiraju posebnom vrstom površina koje se generišu matematičkim putem. Ove kompleksne površine se kreiraju od više delova - "zakrpa" (patch), gde je "zakrpa" skup tačaka ograničen krivom i predstavlja najjednostavniji matematički elemenat koji se koristi za modeliranje površine. Za kreiranje "zakrpa" sa različitim karakteristikama koriste se različiti tipovi splajn krivih. Na pr., prednost Bezijerovih zakrpa je da su one veoma pogodne za gradnju prirodne površine (sl. 3.14.1). Kontrolne tačke predstavljaju intuitivan alat sa kojim korisnik može da operiše.



Sl. 3.14.1. Bezijerova zakrpa

Postoje, međutim, i dva nedostka Bezijerovih zakrpa. Prvi je da nije obezbeđena lokalna kontrola; promena jedne kontrolne tačke reflektuje se na oblik cele zakrpe i može promeniti ivicu po kojoj se spajaju dve zakrpe Drugi nedostak je da je veoma teško proračunati kontrolne tačke koje će omogućiti da zakrpa prođe kroz već postojeće tačke na modelu, što znači da nije moguće kontrolisati stvarnu poziciju zakrpe. Ovo u velikoj meri smanjuje preciznost modela.

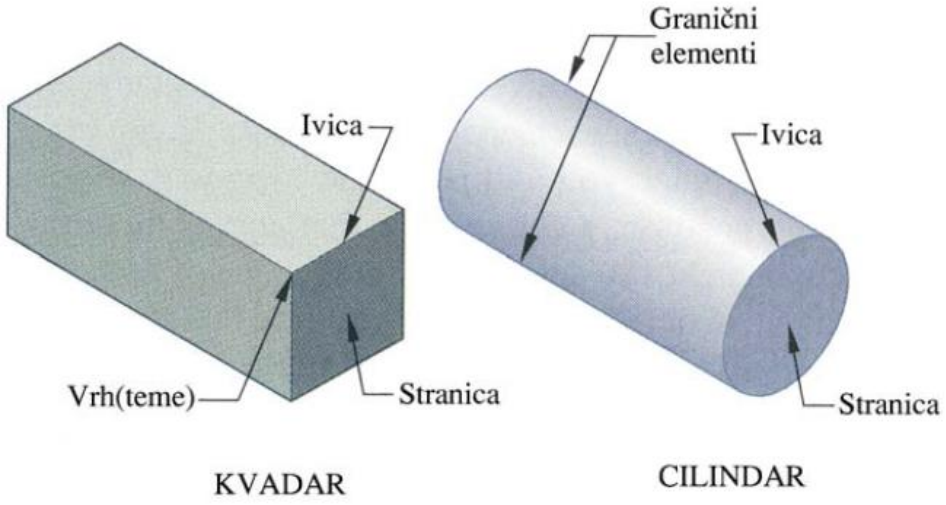
Sa druge strane, B-splajn zakrpe omogućuju lokalnu kontrolu; pomeranje jedne lokalne tačke ne utiče na celu površinu. Sa B-splajnom je mnogo lakše kreirati površine kroz prethodno definisane tačke ili krive.

4.0. VIZUELIZACIJA

Ljudski mozak ima sposobnost da organizuje i sistematizuje vizuelne informacije oko nas i omoguši nam da uočimo i gledam na pr. oblake, zvezde ili da razlikujemo razne objekte, ćivotinje, ljude i dr. Ta prirodna sposobnost vizuelizacije se koristi u kompleksnijim aktivnostima kada inćenjeri, tehnolozi, naučnici rešavaju najrazličitije stručne probleme.
Vizuelizacija je veoma značajan i integralni deo procesa projektovanja. Koriššenjem računara ili crtaše table, dobar inćenjer, bazirajuši na definisanim standardima, mora biti sposoban da dokumentuje svoje projektne ideje. Pored toga on mora posedovati sposobnost da razume i trodimenzionalni oblik onoga što dokumentuje na crtašoj tabli.
U nastavku se daju osnovne informacije o pojedinim "tehnikama" vizuelizacije.

1. Tehnike vizuelizacije

Jedna od tehnika vizuelizacije tretira objekat onako kako ga neko moće videti i osetiti, na prvi pogled ili dodir. Detaljniji pogled na objekat otkriva više karakteristika i osobina koje mogu da pomognu da se vizuelizuje stvarni oblik objekta. Te osobine su veoma korisne za transformaciju objekta u nešto novo, ili na papiru ili u mislima. Slika 4.0.1. pokazuje dva jednostavna oblika - kvadar i cilindar. Ova dva oblika - primitive jasno mogu da pokaću nekoliko vaćnih karakteristika ili osobina objekta.



Sl.4.0.1. Vizeulizacija kvadra i cilindra

Ivice predstavljaju granice između dve stranice objekta. Stranice su površine ograničene ivicama. I ivice i stranice mogu biti zakrivljene.

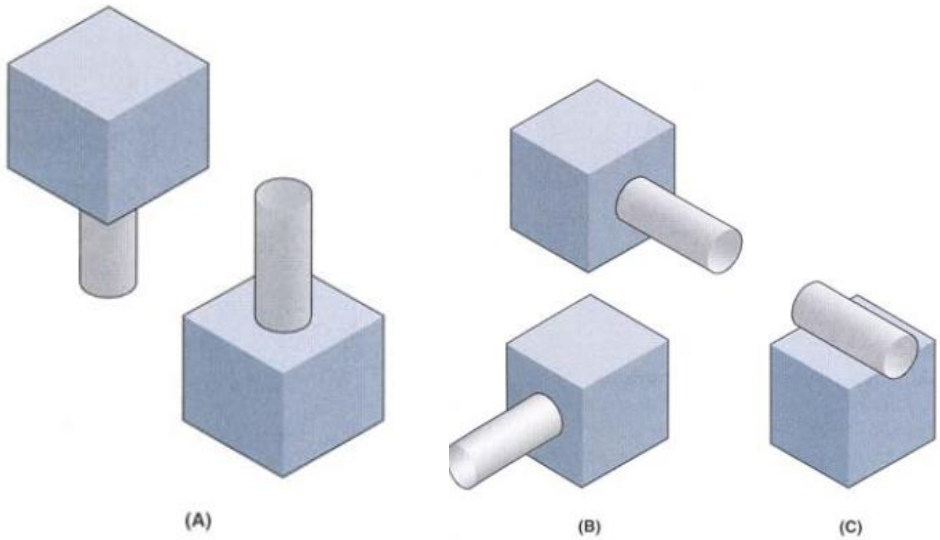
Granični elemenat je linija koja predstavlja poslednji vidljiv deo zakrivljene površine kada se ona udaljava od vašeg pogleda. Mada ne predstavlja granicu između stranica, ipak se, u ovom slučaju, linija koristi da bi se prezentovao granični elemenat. Linija predstavlja tangentu na zakrivljene ivice na oba kraja cilindra. Treba napomenuti da, kod ovakvih objekata, postoje delimično vidljivce stranice.

Vrh (teme, ugao) predstavlja tačku preseka više od dve ivice. U principu to zanači da se u toj tački takođe seku više od dve stranice. Kod cilindra se ne moće uočiti vrh, pošto ne postoji tačka u kojoj se susrešu tri ivice ili tri stranice.

Pošto se stranice povezuju preko zajedničkih ivica, onda oblik jedne stranice utiče i na broj dugih stranica sa kojima se povezuje i na njihov oblik. Za kvadar sa sl.1 sve stranice su ili kvadrati ili pravougaonici, a granične ivice na svakoj stranici su pod uglom od 900 u odnosu jedna na drugu.

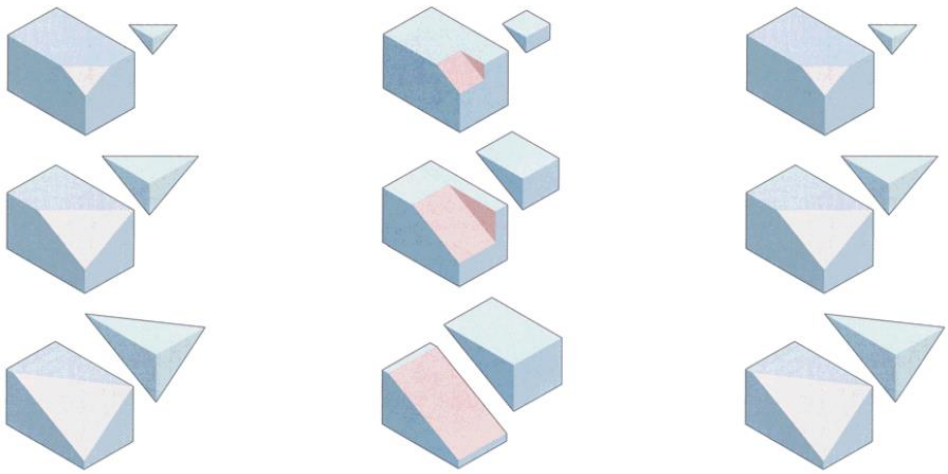
Oblici 2D stranica mogu se koristiti za interpretaciju oblika odgovarajušeg 3D objekta. Kvadratni oblik krajnje stranice kvadra sa sl.1 ukazuje da se za nju vezuju četiri druge stranice.

Puna tela se mogu kombinovati (dodavati jedno drugom). Kada se govori o korektnim kombinacijama onda se ravna stranica jednog objekta mora sjediniti sa ravnom stranicom drugog (sl. 4.0.2. A i B). Sl. 4.0.2.C prikazuje nekorektnu kombinaciju. Na pr. "točak na putu" se smatra kao dva odvojena objekta, a ne jedan.



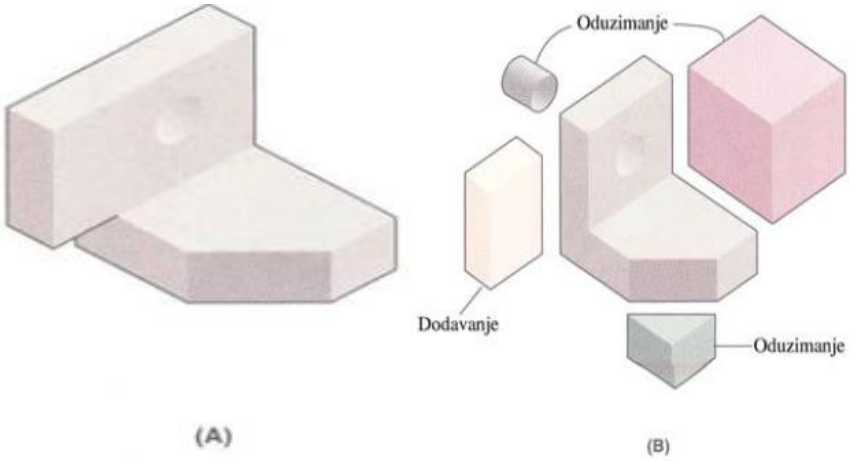
Sl.4.0.2. Tehnike vizuelizacije

Zamislimo da se cilindar provuče, na pr. kroz kocku. Iz kocke še biti istisnut materijal kao čep iz otvora. Čep od odstranjenog materijala kocke udealno odgovara praznini koja je nastala u kocki (sl. 4.0.3). On je istovremeno i replika cilindra. Ovo predstavlja vezu negativ/pozitiv između otvora u kocki i uklonjenog cilindričnog čepa. Kada bi se čep vratio u otvor, on bi idealno popunio prazninu i u potpunosti rekonstruisao kocku. Slični primeri "negativa" su prikazani na sl. 4.0.3, gde se daje primer uklanjanja prizme, klina i piramide, sa progresivnim povešavanjem njihove veličine.



Sl.4.0.3. Uklanjanje prizme i piramida

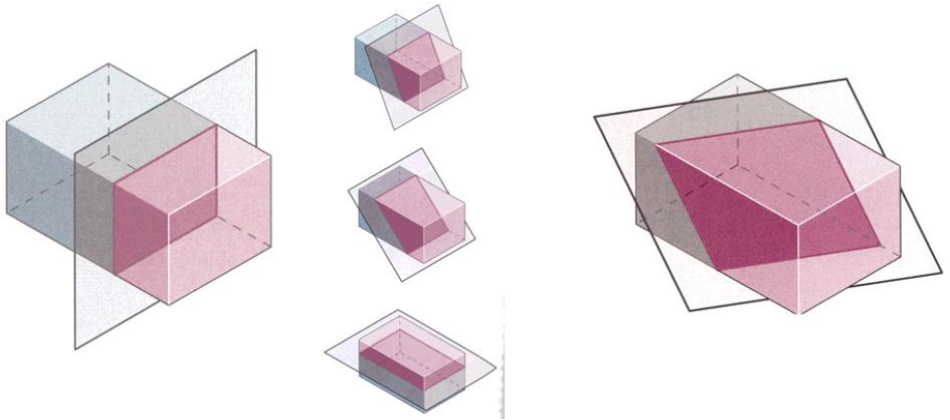
Na kraju se moće konstatovati da postoje dva osnovna prilaza u kombinovanju punih tela:
1. tehnika dodavanja - gde se jedan objekat dodaje drugom uz povešanje zapremine i
2. tehnika oduzimanja - gde se jedan bjekat uklanja iz/od/sa drugog objekta.
Koriššenje ove dve tehnike za generisanje novih objekata, predstavlja snaćnu podršku za vizuelizaciju i kreiranje kompleksnih geometrijskih formi. Kompleksni objekat (sl. 4.0.4A) moće biti "dekomponovan" u kombinaciju različitih primitiva (sl. 4.0.4B).



Sl.4.0.4. Kompleksni objekata

2. Presečne ravni

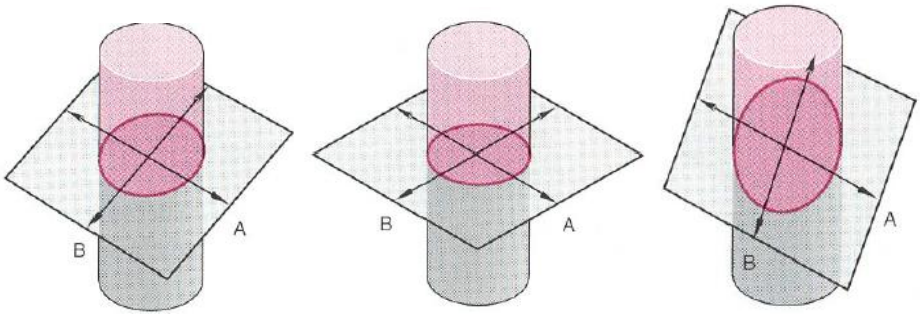
O presecima še u nastavku biti više reči. Ovde se samo konstatuje da presečna ravan kreira neku novu površinu - stranicu unutar objekta. U zavisnosti od poloćaja - orijentacije presečne ravni definiše se oblik novonastale površine (sl.4.0.5). Na slici 4.0.5 prikazani su preseci kvadra sa ravni koja je normalna na jednu stranu kvadra (normalan presek), koja je rotirana oko jedne ose (nagnuti presek) i koja je rotirana oko dve ose (kosi presek).



Sl.4.0.5. Preseci kvadra sa ravni

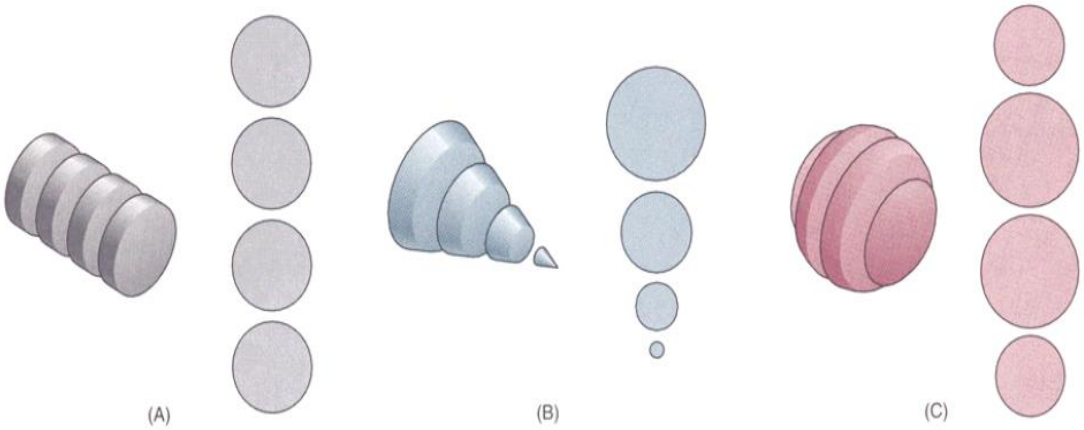
Kada se rotira presečna ravan, nagnuti presek menja samo jednu od svoje dve dimenzije (sl. 4.0.5). To se, takođe moće videti na primeru cilindra (sl. 4.0.6). Kada je presečna ravan paralelna bazi presek je krug. Kada se presečna ravan rotira oko ose A dimenzija prečnika duć ose A se ne menja

- ostaje prečnik cilindra. Sa druge strane dimenzija duć ose B (koja je normalna na A) postaje duća i duća, a presek prelazi u elipsu.



Sl. 4.0.6. Rotiranje presečne ravni

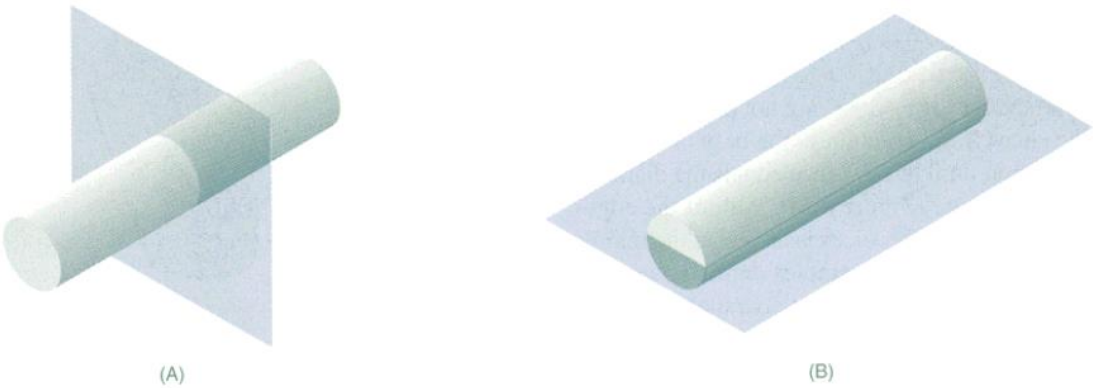
I polođaj presečne ravni, u odnosu na krajnje stranice, ima uticaj na veličinu i oblik novonastalog preseka (slika 4.0.7)



Sl.4.0.7. Veličine i oblik novonastalog presjeka

3. Simetrija

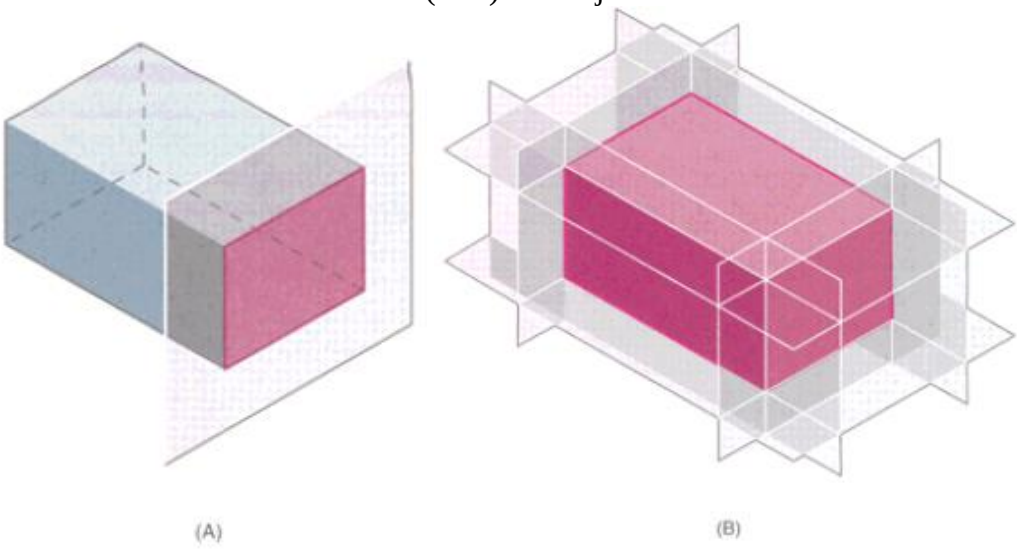
Simetrija opisuje odnos između dve polovine objekta. Za simetričan objekat obe polovine su identične. Za ocenu odnosa između dve polovine moće poslućiti presečna ravan. Ako presečna ravan igra ulogu ogledala, pa je jedna polovina identična drugoj onda su one simetrične, a ravan se naziva ravan simetrije (sl. 8). Objekat moće imati više ravni simetrije. Na pr. kod cilindra sve ravni koje prolaze kroz centre oba bazisa su ravni simetrije (sl. 4.0.8B).



Sl.4.0.8. Ravni simetrije

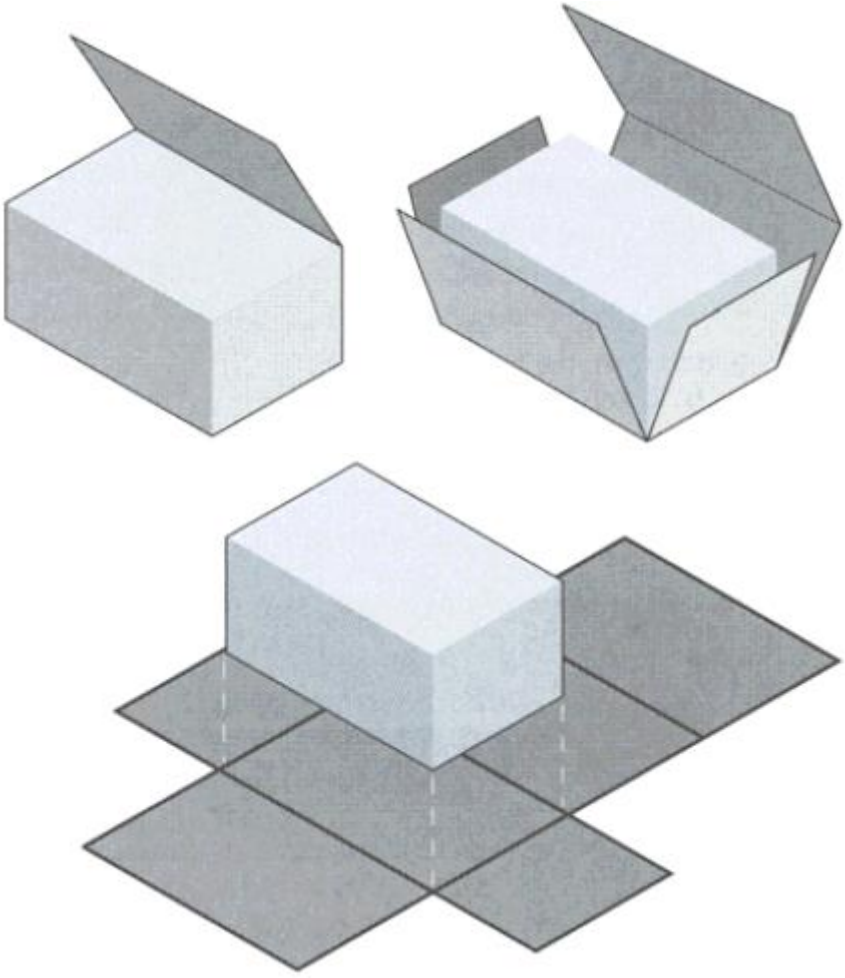
4. Razvijanje površina

Ako se presečna ravan postavi na samu površinu objekta, presek še biti sama stranica objekta (sl.4.0.9A). Ako se odgovarajuše presečne ravni postave na sve spoljne površine objekta (sl.4.0.9B), onda še preseci formirati omotač ili "koću" (skin) oko objekta.



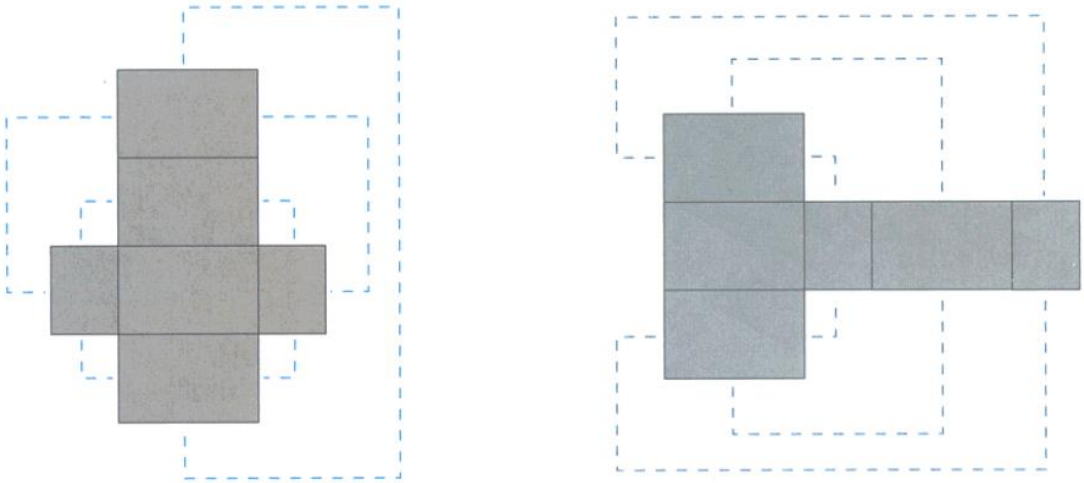
Sl. 4.0.9. Razvijanje površina

Vizuelizacija tog omotača - koće, takođe, predstavlja način za vizuelizaciju punog tela. Omotač daje stvarni oblik stranica posmatranog objekta. Razvijanje omotača - "koće" prikazano je na slici 4.0.10.



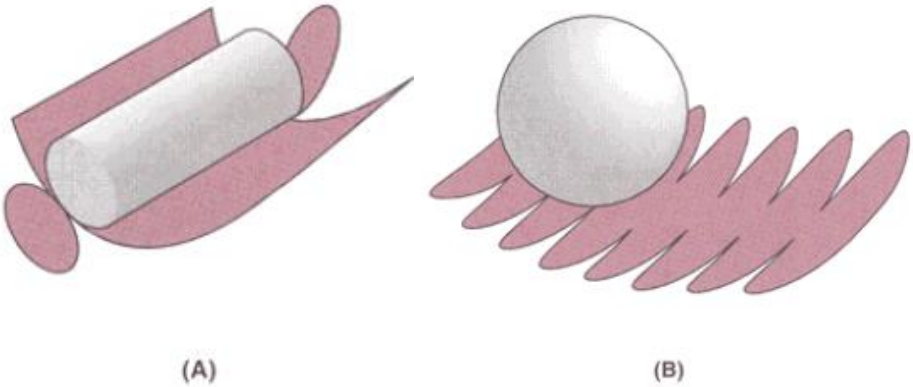
Sl.4.0.10. Vizuelizacija razvijanja omotača kvadra

Razvijeni omotač jasno prikazuje sve stranice objekta u pravoj veličini i obliku. On, takođe, obezbeđuje informacije o načinu povezivanja pojedinih stranica. Na sl. 4.0.11, isprekidanim linijama, su prikazana dva moguša načina na koji se stranice povezuju u objekat - kvadar.



Sl.4.0.11. Vraijante razvijanja omotača kvadra

Razvijanje omotača je moguše i kod nekih objekata koji imaju zakrivljene površine. Pravoizvodne površine su površine koje su zakrivljene po jednoj dimenziji - na pr. cilindar. Razvijanje ovakvih zakrivljenih stranica moće da se izvede bez mnogo sečenja (sl. 4.0.12A). Lopta, sa druge strane, je dvostruko zakrivljena površina koja je zakrivljena po dve dimenzije. Ova površina se pri razvijanju jedino moće aproksimirati i to tek nakon sečenja stranice na više mesta (sl. 4.0.12B).



Sl. 4.0.12. Razvijena površina valjka i lopte

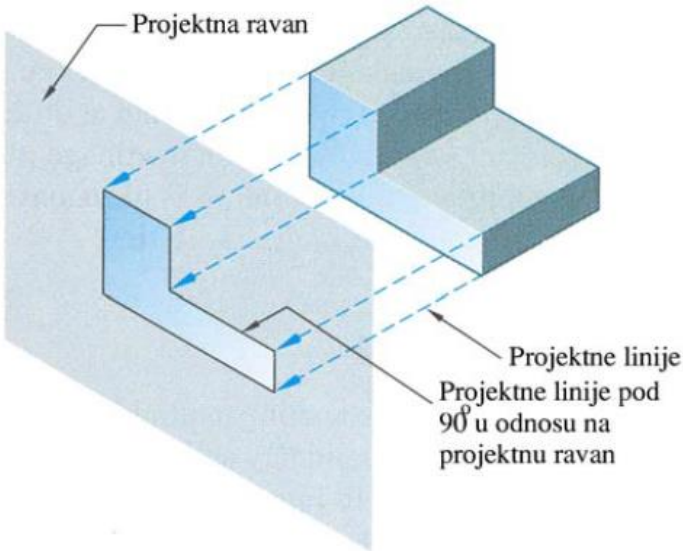
Vizuelizacione tehnike su specifične za određene tipove objekata i proizvodnih procesa. Na primer, vizuelizacija sa punim telima moće biti od velike pomoši kod procesa obrade gde se skida materijal sa objekta. Sa druge strane, vizuelizacija sa razvijanjem omotača je neophodna kod

projektovanja delova od limova ili kod projektovanja pakovanja. Kod tehničkih crteća presečne ravni su veoma korisne za definisanje specijalnih pogleda kod nekih komplikovanih objekata.

4.1.VIZUELIZACIONE TEHNIKE KOD INŽENJERSKIH CRTEŽA

1. Projektne ravni

Zamislite da se između posmatrača i objekta koji se ćeli vizuelizovati postavi 2D ravan (sl. 4.1.1.). Ova ravan se naziva projektna ravan - sve što vidi posmatračevo oko, to se vidi i na ravni.



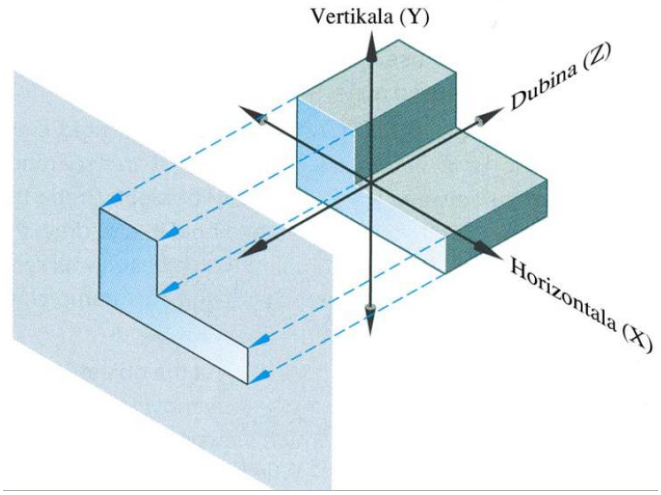
Sl.4.1.1. Projektne ravni

Ovde se mora voditi računa o sledeše tri stvari:
1. objekat koji se posmatra
2. projektna ravan
3. oko posmatrača

U principu postoje dva rasporeda ovih elemenata, o čemu še kasnije biti više reči. Prvi način je POSMATRAČ - OBJEKAT - RAVAN, a drugi, POSMATRAČ - RAVAN - OBJEKAT.

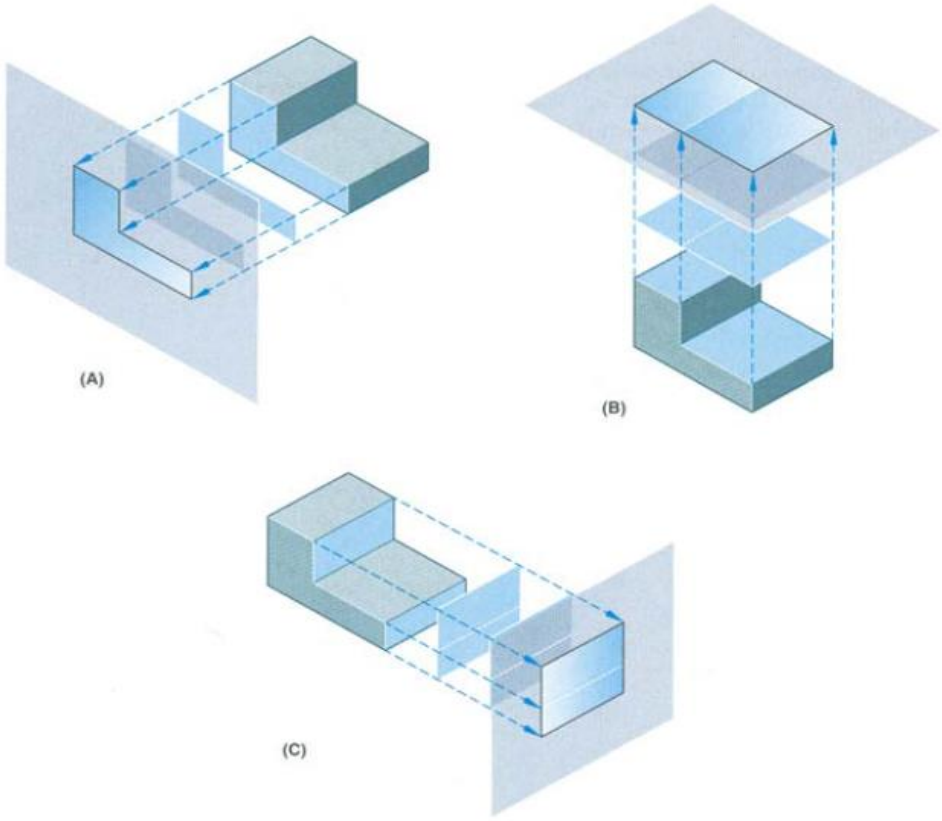
Odnos između oka posmatrača, projektne ravni i objekta određuje ugao između projektnih linija. Ako je posmatrač u beskonačnosti projektne linije su međusobno paralelne i normalne na projektnu ravan. Ovo se naziva paralelnom projekcijom, koja se najviše koristi u tehničkom crtanju.

Postoje tri ose (X, Y i Z) oko koje se moće rotirati objekat relativno u odnosu na projektnu ravan (sl.4.1.2.).



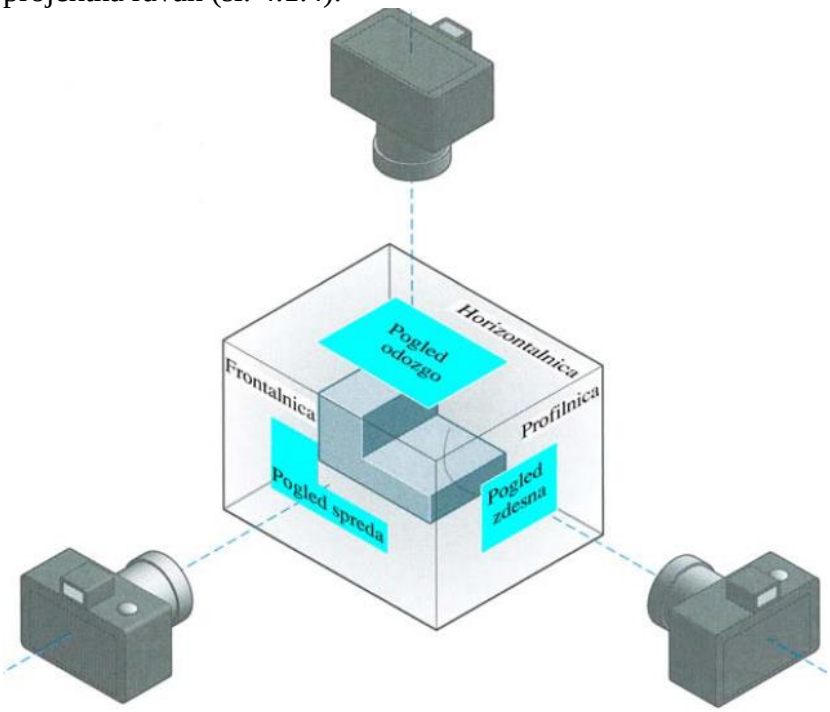
Sl.4.1.2. Projektne ravni

Dovoljno je rotirati objekat oko dve ose da bi se videle sve njegove stranice. Na sl. 4.1.3. prikazan je način prikaza svih stranica jednog objekta na projektnoj ravni. Moguše je rotirati ili objekat ili projektnu ravan .



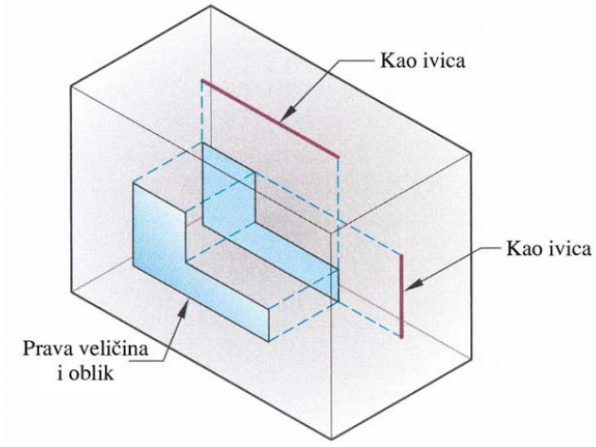
Sl.4.1.3. Prikaz svih stranica na projektnu ravan

Napredniji način za ovakvu vrsu prikaza je istovremeno generisanje više pogleda, tako što se objekat fiksira u prostoru, a za svaki pogled se definiše projektna ravan (sl. 4.1.4).



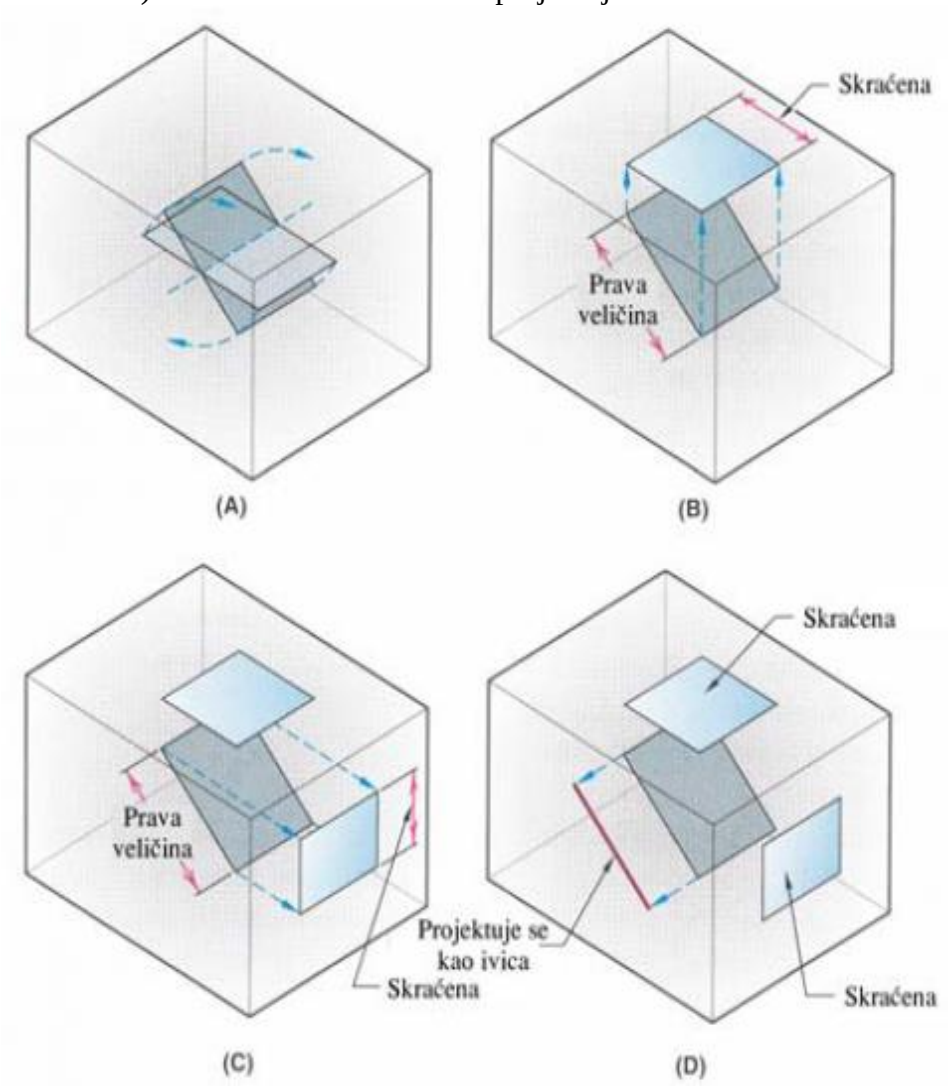
Sl.4.1.4. Generisanje više pogleda na projektnu ravan

Na sl. 4.1.4 su korišćene tri odvojene projektne ravni da bi se prikazale tri projekcije prethodno prikazane na sl. 4.1.3. Te tri ravni se nazivaju vertikalnica, horizontalnica i profilnica. Te tri ravni su međusobno normalne. Ova činjenica prouzrokuje da se stranica u jednoj projektnoj ravni vidi u pravoj veličini i obliku, a u drugoj kao ivica (sl. 4.1.5).



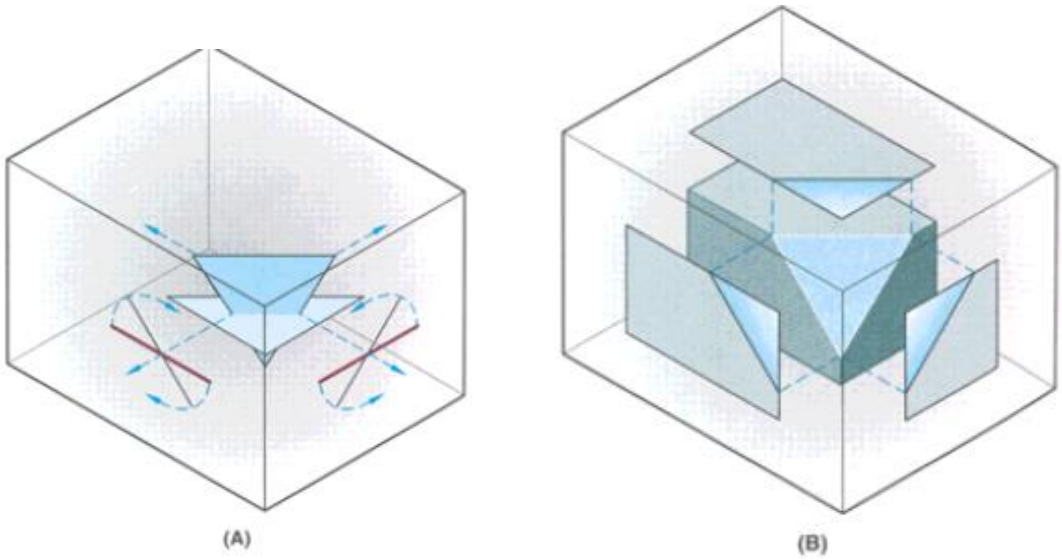
Sl.4.1.5. Projekcije

Postoje stranice koje imaju drugačiji odnos prema projektnim ravnima. Nagnuta stranica nije paralelna ni jednoj od projektnih ravni. Takva stranica je rotirana ili oko X ili Y ose, ali nikako oko obe istovremeno (sl. 4.1.6 A). Ova stranica je vidljiva u dva pogleda, ali ne u pravoj veličini i obliku. U oba ova pogleda jedna dimenzija je deformisana - skrašena (sl. 4.1.6 B i C). Na sl. 4.1.6.D stranica se projektuje kao ivica.



Sl. 4.1.6. Projekcija stranica

Kosa stranica se javlja kada je stranica istovremeno rotirana oko dve ose (sl. 4.1.7. A). Ovakva stranica ima skrašenja u sva tri pogleda pošto nije ni paralelna ni normalna na neku od projektnih ravni (sl. 4.1.7.B).



Sl.4.1.7. Kose stranice

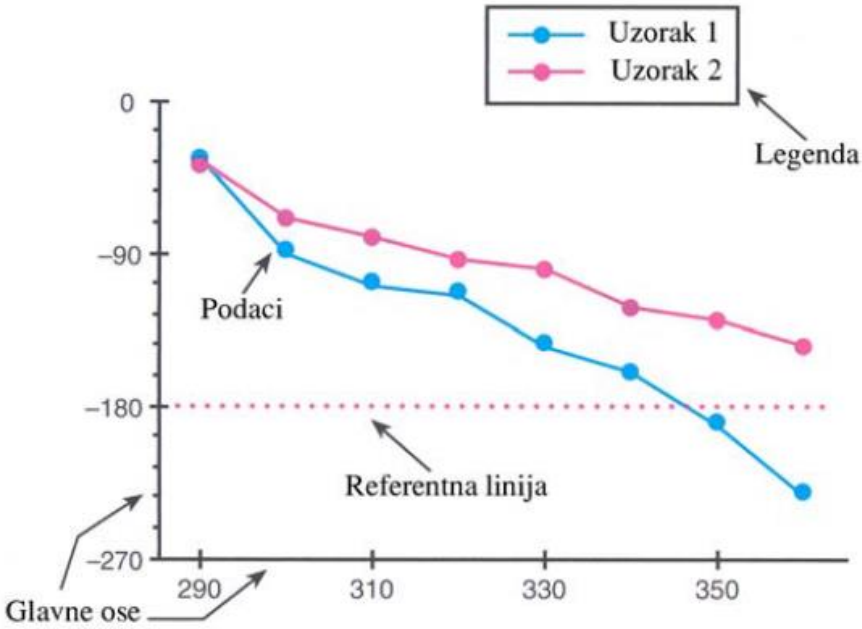
Kod izbora pogleda pomošu koji še se vizuelizirati objekat treba voditi računa da oni jasno i jezgrovito prikazuju objekat. Sa druge strane ne treba birati previše pogleda, jer oni samo dupliciraju informacije i mogu zbuniti posmatrača (projektanta).

4.2. GRAFIČKA ANALIZA INŽENJERSKIH PODATAKA

Grafička analiza je vizualizacioni proces koji se koristi u inćenjerskoj analizi da se istraće i prikaću empirijski podaci (prikupljeni eksperimentom ili testiranjem) u grafičkom obliku. Analiza se, u principu, vrši da bi se ustanovili odnosi među podacima.

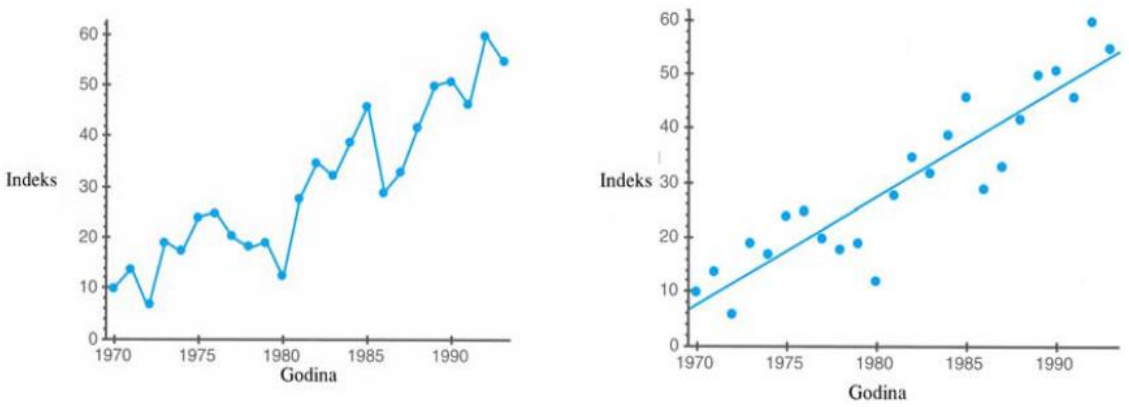
Vizuelizacija za jednu nezavisnu promenljivu

Veoma čest tip vizuelizacije je 2D graf (sl. 4.2.1.) koji je definisan sa dve glavne ose (skale). Na osama su prezentirani podaci. Određeni tekst se koristi za definisanje reda veličine i jedinica na osama. Podaci se prikazuju pomošu određenih oznaka.



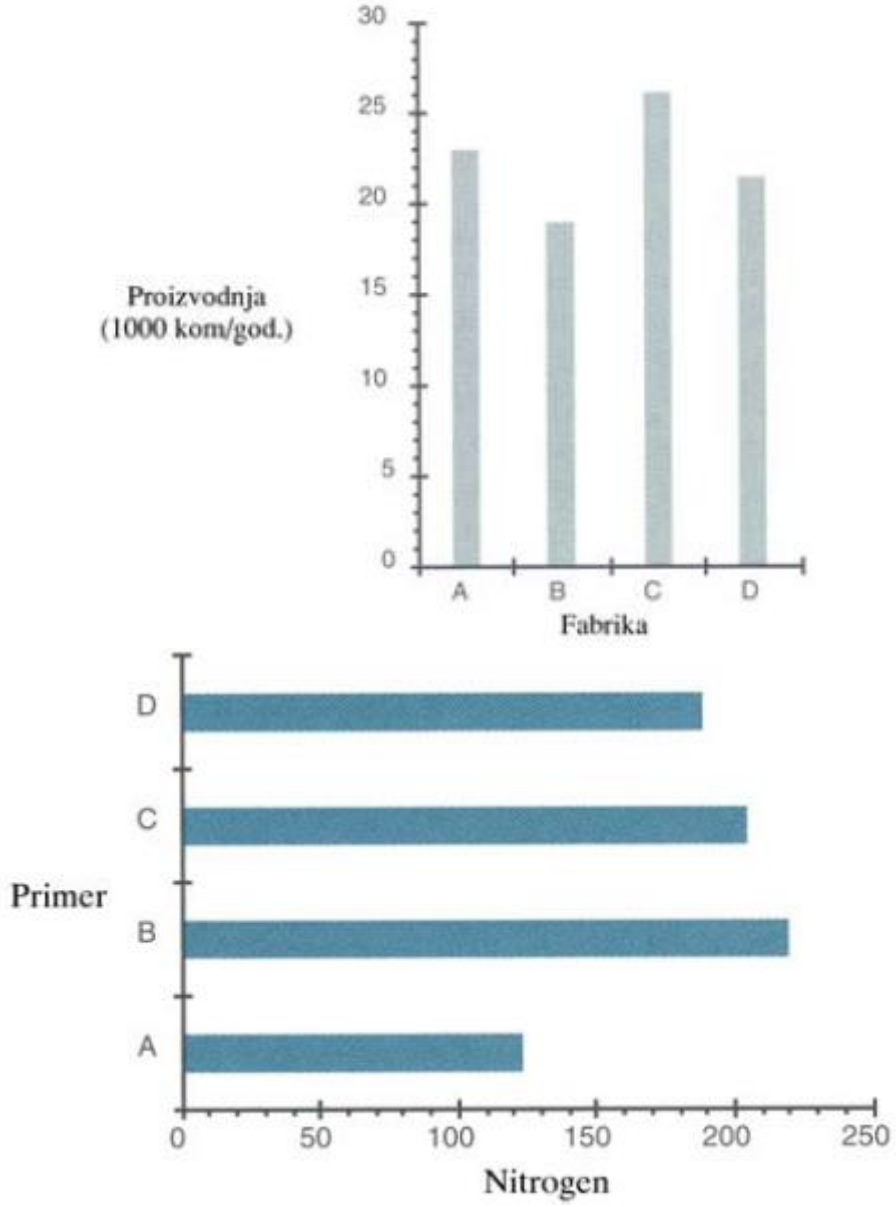
Sl.4.2.1.Vizuelizacija promjenljive

Razlike u eksperimentalnim podacima znače da podaci prezentovani na nekom grafiku pokazuju trend koji se ne moće iskazati nekom pravom linijom. U tom slučaju označene tačke se povezuju u formu koja se naziva **linijski graf** (sl. 4.2.) koji pokazuje trend u odnosu između nezavisno i zavisno promenljivih. Koristeši se metodom "regresije", na istom primeru, moće se povuši linija koja najpriblićnije reprezentuje statistički ili procenjeni trend u odnosu podataka (sl. 4.2.2). Regresiona linija moće biti linearna, ili kriva drugog ili trešeg reda.



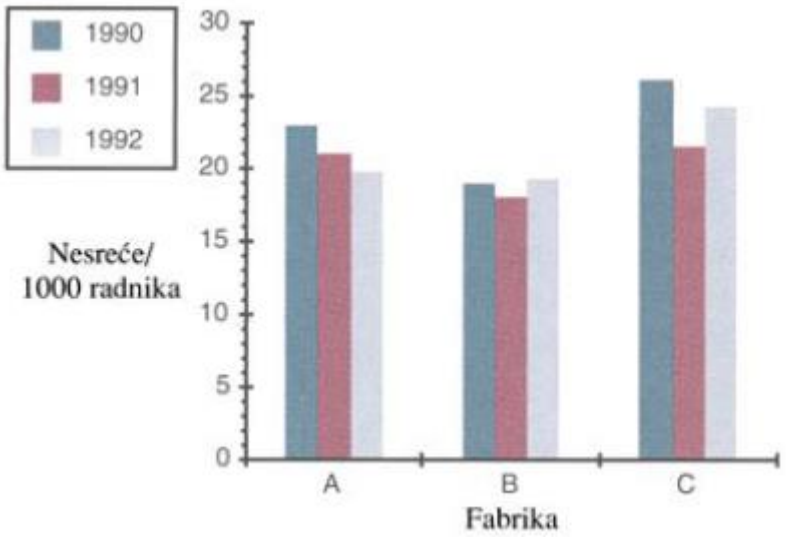
Sl.4.2.2. Linijski graf inženjerskih podataka

Bar graf predstavlja, takođe, često korišćen nači prikaza, koji omogušava blići uvid u pojedinačne vrednosti podataka (sl. 4.2.3). Ovaj način se najviše koristi kod kvalitativne analize nezavisno promenljive. Ponekad se koristi i bar graf sa nezavisno promenljivom na vertikalnoj osi (sl. 4.2.3)



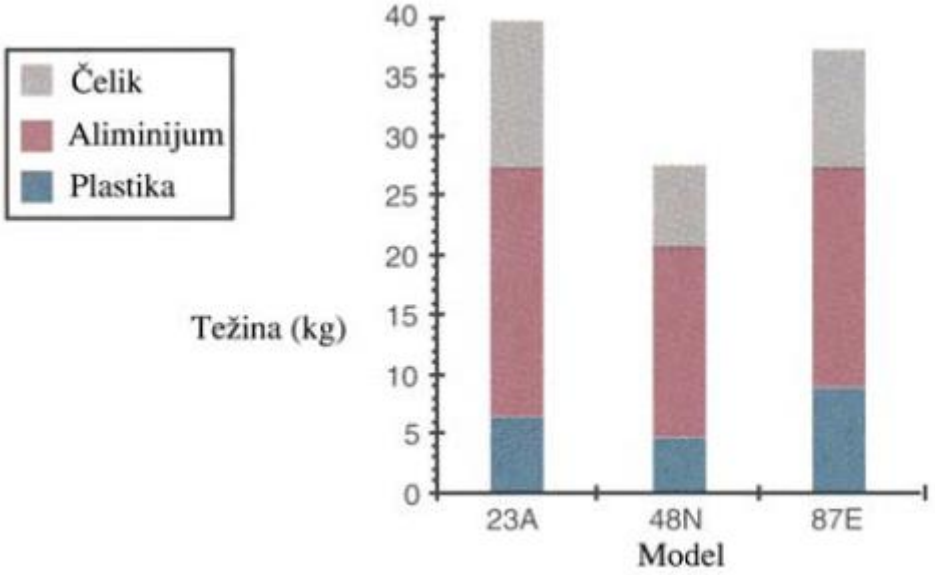
Sl.4.2.3. Bar graf inženjerskih podataka

Grupni bar graf (sl. 4.2.4) se koristi da se opišu logične podkategorije nezavisno promenljive.



Sl.4.2.4. Grupni bar graf

Kompozitni bar graf se koristi u slučajevima kada vrednosti podataka predstavljaju, ustvari, zajedničku grupu podvrednosti (sl. 4.2.5).

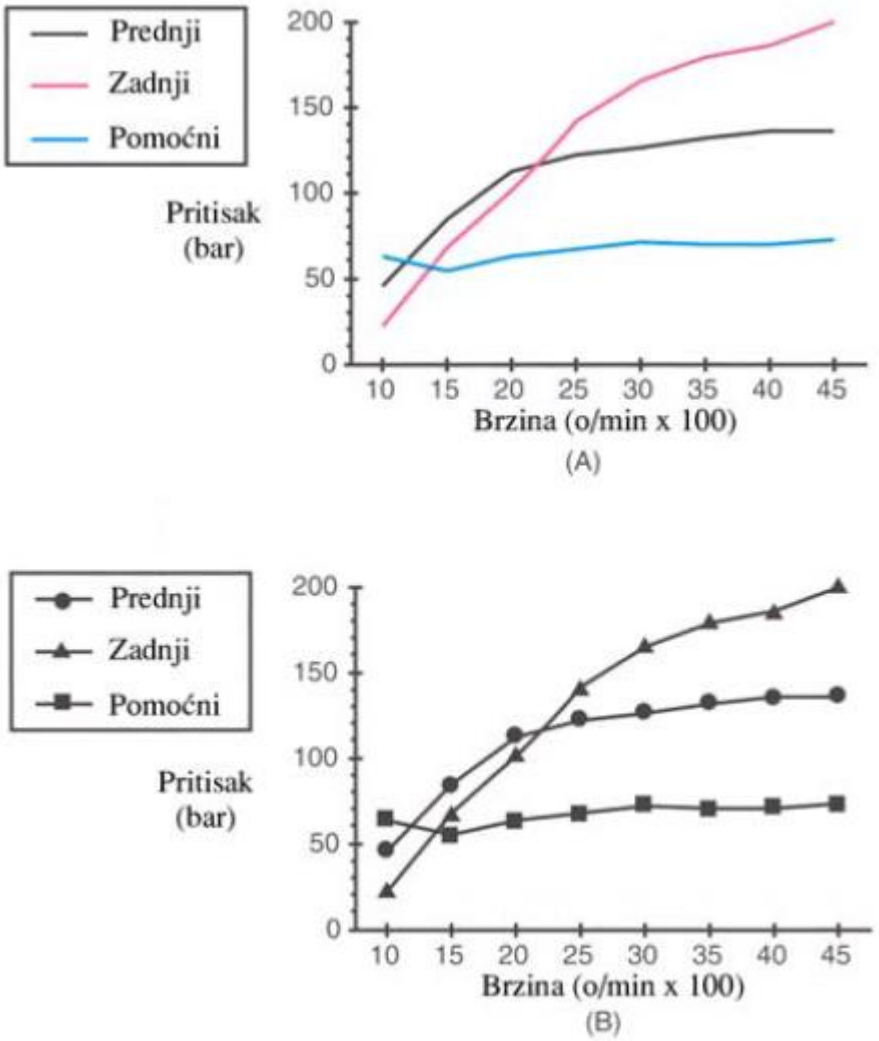


Sl.4.2.5. Kompozitni bar graf

Vizuelizacija za dve nezavisne promenljive

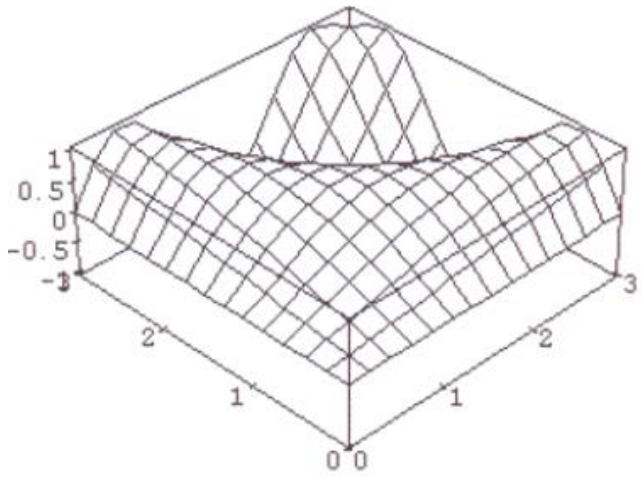
I za dve nezavisno promenljive koriste se slične metode za vizuelizaciju. Višelinijski graf se koristi kada druga nezavisna promenljiva ima nekoliko

diskretnih vrednosti (sl. 4.2.6). Svaka vrednost druge nezavisne promenljive je prezentirana posebnom linijom koja je kodirana na odgovarajuši način - bojom ili karakterističnim oblikom.



Sl. 4,2.6.. Vizuelizacijski graf

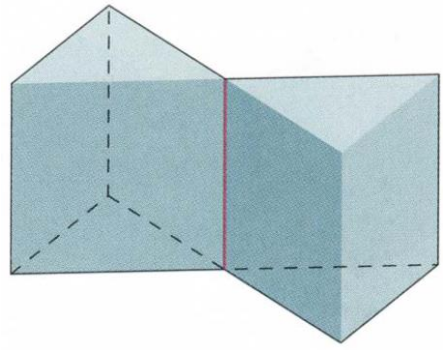
Dve nezavisne i jedna zavisna promenljiva mogu formirati 3D graf (sl. 4.2.7). Dve ose (X i Y) reprezentuju nezavisne promenljive a treša (Z) zavisno promenljivu. Za svaku X, Y vrednost, koje predstavljaju nezavisnu promenljivu, Z vrednost definiše zavisno promenljivu.



Sl.4.2.7. 3D graf

5.0. MODELIRANJE PUNOG TELA (3D SOLID MODELIRANJE

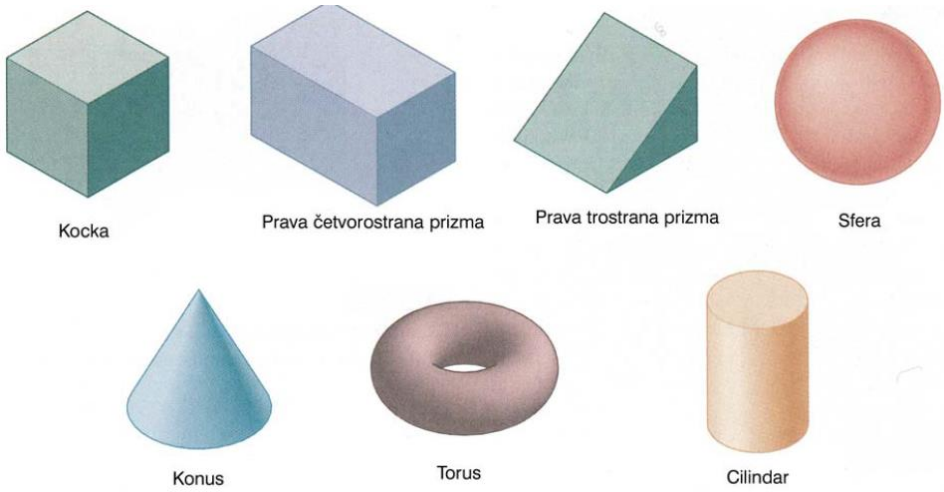
Solid model sadrći zapreminske informacije, odnosno informacije o svemu što je unutar 3D modela, kao i informacije o površini koja obuhvata objekat. Ta površina predstavlja granicu između "unutrašnjosti" i "spoljašnosti" objekta. Ta granica mora biti nedvosmislena (sl. 5.0.1.). Najveši broj modelera ne podrćava kreiranje objekata poput ovoga sa slike 5.0.1.



Sl.5.0.1.Solid modeliranje

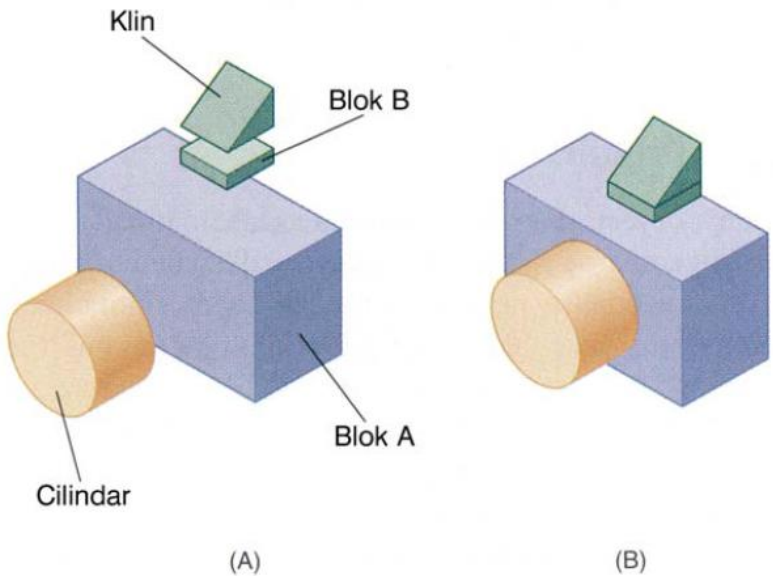
5.1. MODELRANJE POMOĆU GEOMETRIJSKIH PRIMITIVA

Mnogi objekti mogu biti matematički opisani pomošu osnovnih geometrijskih oblika. Modeleri su projektovani tako da podrćavaju set geometrijskih "primitiva" kao što su kocka, prava četvorostrana i trostrana prizma, sfera, konus, torus, cilindar ... (sl. 5.1.1.).



Sl.5.1.1.Modeliranje pomoću geometrijskih primitiva

Spajanjem pojedinih primitiva u jednu celinu moguše je kreirati kompleksniji model. Korisnik - projektant u mislima (analizom) rastavlja objekt u skup geometrijskih primitiva, a zatim konstruiše model (sintezom) od tih elemenata. (sl. 5.1.2.). Pored definisanja geometrijskih parametara za svaku pojedinačnu primitivu, neophodno je definisati i njihovu poziciju i lokaciju u modelu.

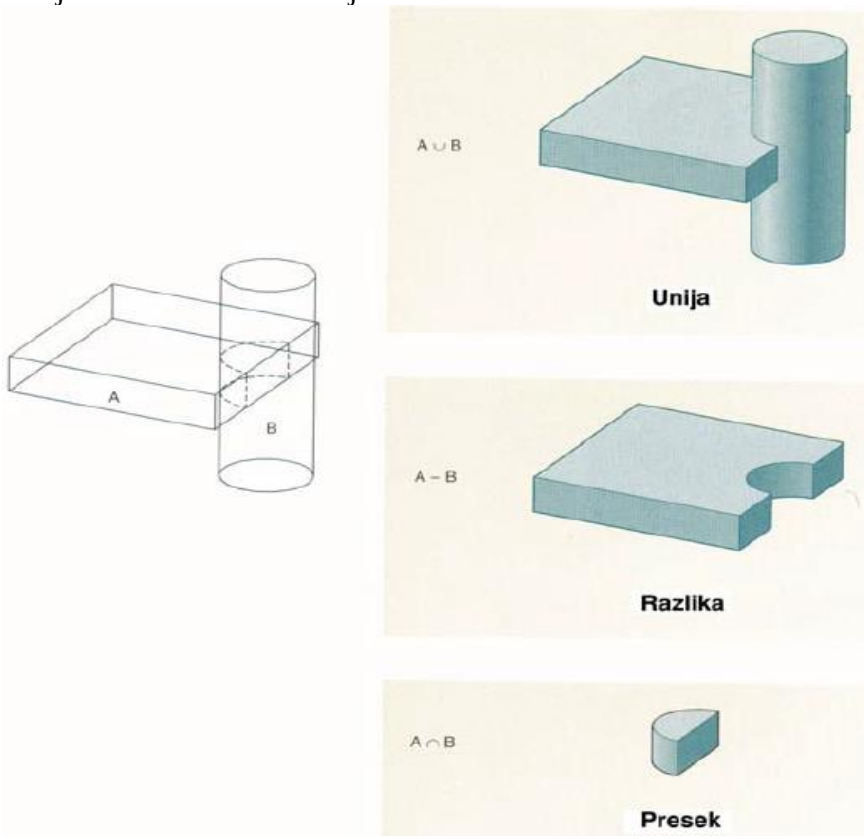


Sl.5.1.2. Skup geometrijskih primitiva

Na slici 5.1.2.A prikazane su sve pojedinačne primitive (sa geometrijskim veličinama) koje grade finalni objekat - fotografski aparat. Sl. 5.1.2.B prikazuje aparat kao celinu gde svaka primitiva ima određenu poziciju i orijentaciju. Sistem pomošu koga je izvršeno modeliranje mora omoguši da se sve manipulacije sa grupom objekata vrše istovremeno, kao da je u pitanju jedan objekat.

5.2. CSG (Constructive Solid Geometry) MODELIRANJE

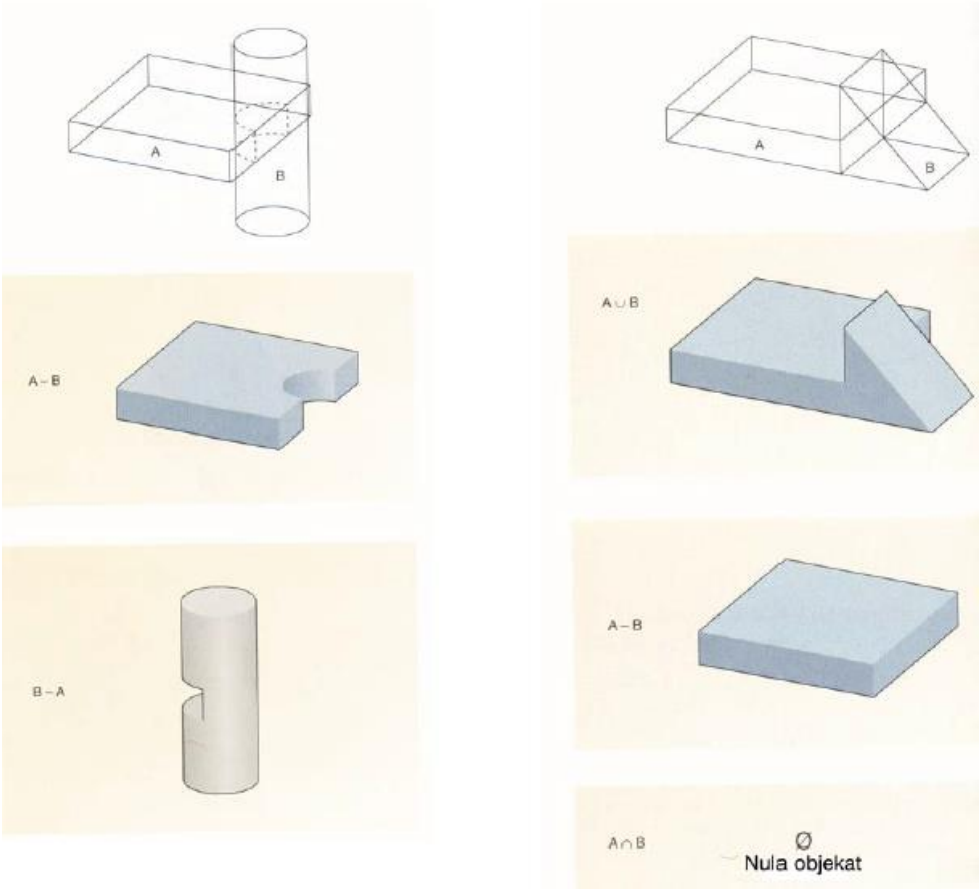
CSG modeliranje omogušava vešu fleksibilnost, od prethodnog načina, kako u definisanju primitiva, tako i kod njihovog kombinovanja. Odnosi među primitivama su definisani Bulovim (Boolean) operacijama - unija, razlika i presek. Slika 5.2.1. prikazuje kako se svaka od pomenutih operacija koristiti za definisanje različitih formi.



Sl.5.2.1. SCG modeliranje

Kritično mesto je prostor gde se dva objekta preklapaju i tu su evidentene razlike u Bulovim operacijama. Unija predstavlja u principu sabiranje dva objekta koji se kombinuju. Zapremina finalnog objekta, i na mestu preklapanja, je jedinstvena. Kod operacije oduzimanja treba paziti šta se

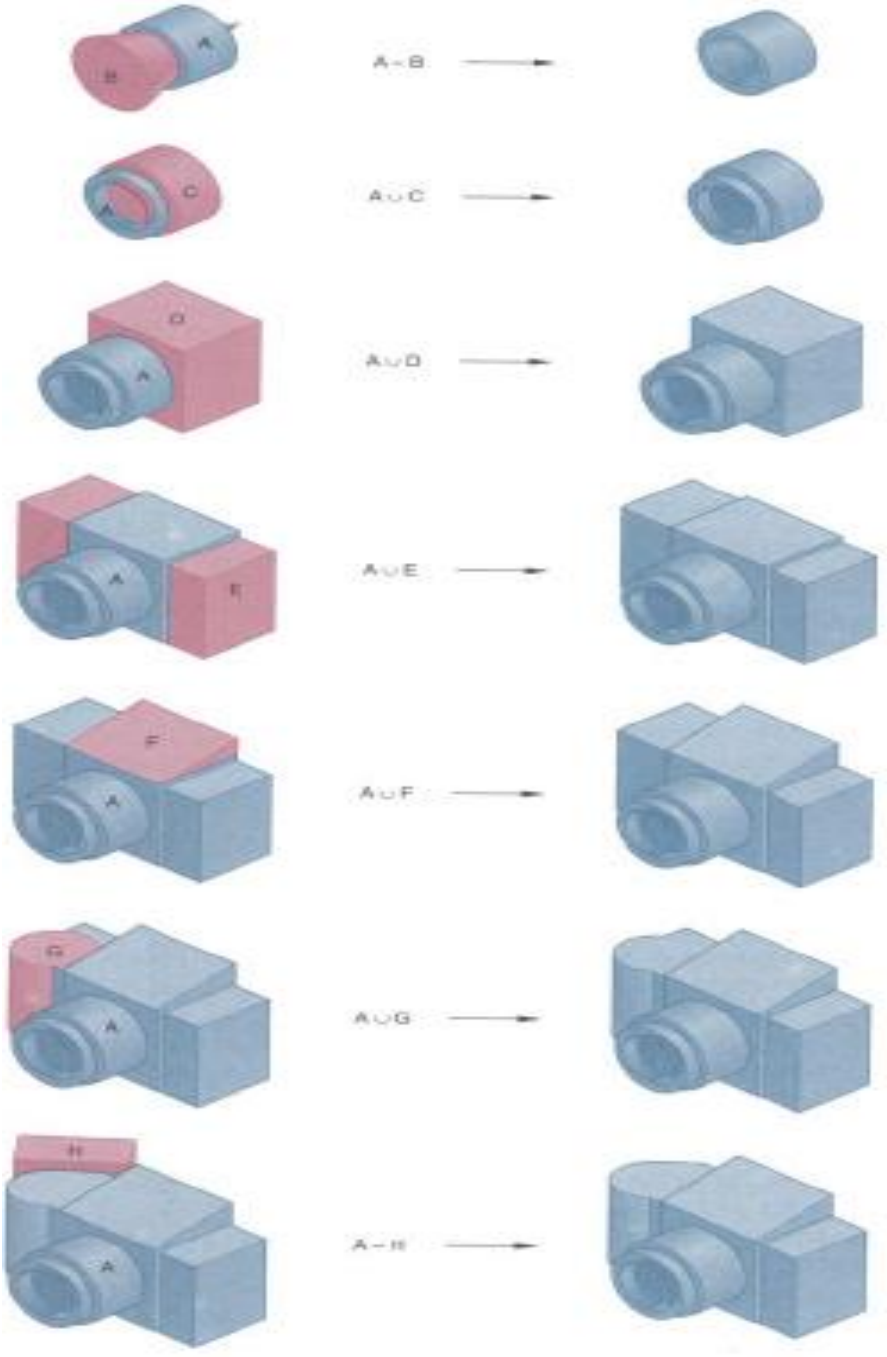
oduzima i od čega, i ovde se polje preklapanja uklanja. Sa operacijom preseka definiše se, praktično, polje preklapanja dva objekta.
Kod operacija unije, slično matematičkoj operaciji sabiranja, nema uticaja redosled primitiva kod sabiranja (11+4 i 4+11 je uvek 15). Sa druge strane, kod opracije razlike, redosled primitiva je veoma vaćan (sl. 5.2.2.). 11-4=7, ali 4-11=-7. Kod Bulove operacije razlike rezultujuša geometrija zavisi od toga koja primitiva (A ili B) je prva u jednačini.



Sl.5.2.2. Preklapanje objekata

Sa Bulovim operacijama moće se dobiti oblik bez zapremine (nula-objekat). Ako, na pr., druga primitiva u operacji oduzimanja u potpunosti okrućuje prvu primitivu, rezultat še biti nula objekat. Primitive koje se tangiraju, ali ne preklapaju, predstavljaju takođe specijalan slučaj (sl. 5.2.2.). Operacija unije kod ovakvih primitava še jednostavno pridrućiti jednu primitivu drugoj. Operacija oduzimanja ostavlja prvu primitivu nepromenjenom. Operacija preseka rezultira nula objektom, pošto ne postoje delovi koji se preklapaju.

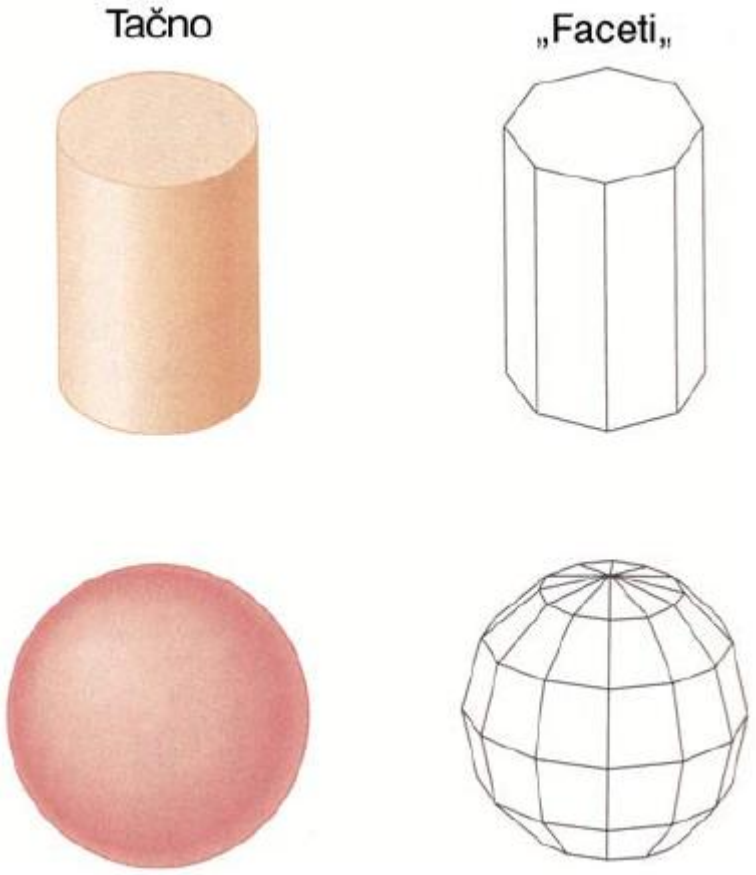
Konačni oblik modela se moće dobiti na razne načine. Slika 5.2.3. pokazuje kako operacija unije i razlike rezultira realističnijim modelom fotoaparata, nego što je onaj prikazan na slici 5.1.2.



Sl.5.2.3.. Razlika unije i razlike

5.3. MODELIRANJE "GRANIČNOM" PREZENTACIJOM (B-Rep - Boundary representation)

Kod B-Rep modeliranja površine ili stranice same za sebe predstavljaju osnov za definisanje punog tela. B-Rep stranica eksplicitno reprezentuje orijentisanu površinu. Razlikuju se dve strane te površine: jedna u unutrašnjem delu objekta (puna strana) i druga na spoljašnjem delu objekta (prazna strana). B-Rep modeleri imaju mogušnost prikaza linearnih i krivih - zakrivljenih ivica. Krive ivice znače i krive površine. Sa druge strane mnogi modeleri često aproksimiraju zakrivljene površine nizom ravnih površina . Ovo se naziva i prikazom pomošu "faceta" (sl. 5.3.1.).



Sl.5.3.1. Modeliranje pomoću faceta

Oblici B-Rep modela se kreiraju pomošu Ojlerovih operacija. Temena i ivice se dodaju ili oduzimaju od modela uz striktno poštovanje pravila za definisanje novih stranica. Posebno generisanje temena solid modela je veoma naporno. Zato su, kod mnogih modelera, B-Rep primitivepredviđene za kreiranje i modifikaciju grupa stranica.

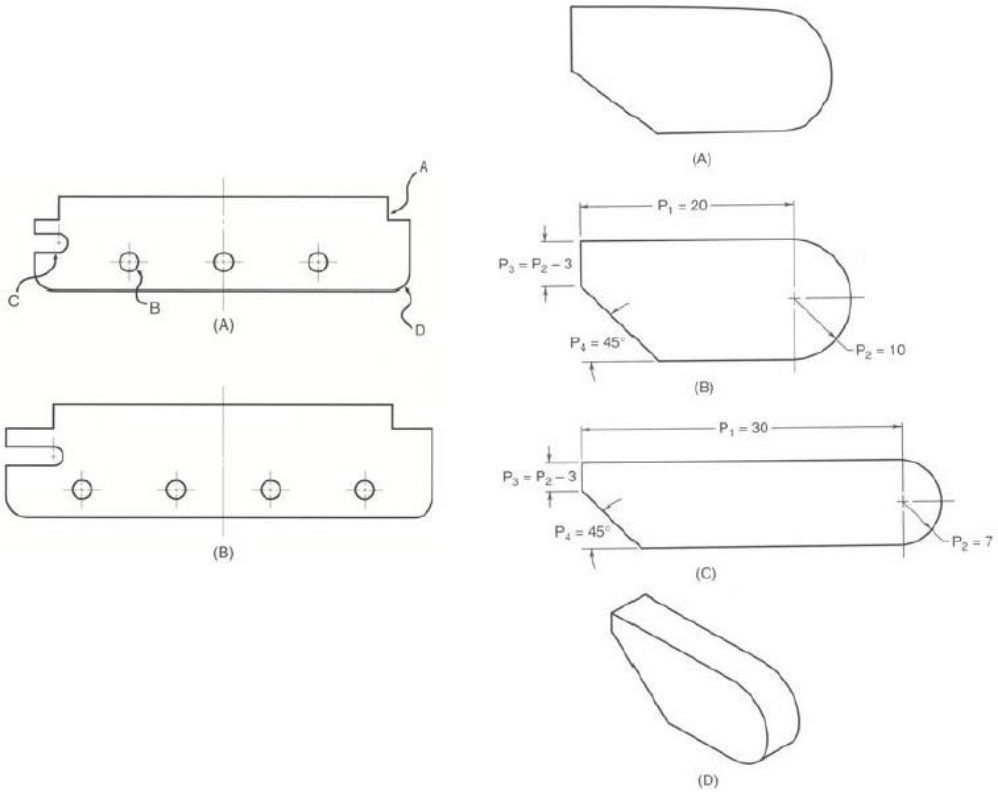
5.4. HIBRIDNO MODELIRANJE

Ono što korisnik vidi i radi sa interfejsom (veza) sistema je često sasvim različito od onoga kako su informacije o modelu organizovane i kako se njima manipuliše u odgovarajušoj bazi. Interpreter komandi transformiše komande, koje su projektovane za lako koriššenje, u aktivnosti koje su kompatibilne sa strukturom podataka. Na pr., CSG komande se često koriste kod B-Rep modelera jer su lakše za koriššenje od Ojlerovih oeracija. Sa druge strane, CSG modeleri često koriste B-Rep izlaz za prikaz jer se on lakše prikazuje na ekranu. zaključak je - ne suditi o vrednostima modelera na sonovu prezentacije na ekranu ili o tome kakve komande obezbeđuje. Paćljivo ipitivanje sposobnosti modelera treba da pokaće njegovu osnovnu strukturu podataka.

Vešina modelera čuva podatke o modelu u višestrukoj strukturi. Ako nijedna struktura podataka nije dobra za sve namene, sistem še koristiti tzv. hibridnu strukturu. Hibridni modeler kombinuje funkcionalnost CSG i bazu podataka B-Rep modelera. Ovaj tip solid modelera podrćava Bulove operacije, generisanje kompleksnih površina i kompletne solid informacije o modelu. Korisnik moće kreirati ili pojedinačni model koriššenjem CSG ili B-Rep alata ili dva paralelna modela koriššenjem obe tehnike. Smetnje kod hibridnog modelera nastaju prilikom prevođenja jedne strukture podataka u drugu. Ono moće biti netačno i sadrćati određene promene u modelu. U mnogim slučajevima se određene informacije o modelu moraju čuvati samo u jednoj strukturi podataka, ograničavajuši rad softverskog alata samo sa tim delom modela.

5.5. MODELIRANJE BAZIRANO NA OGRANIČENJIMA

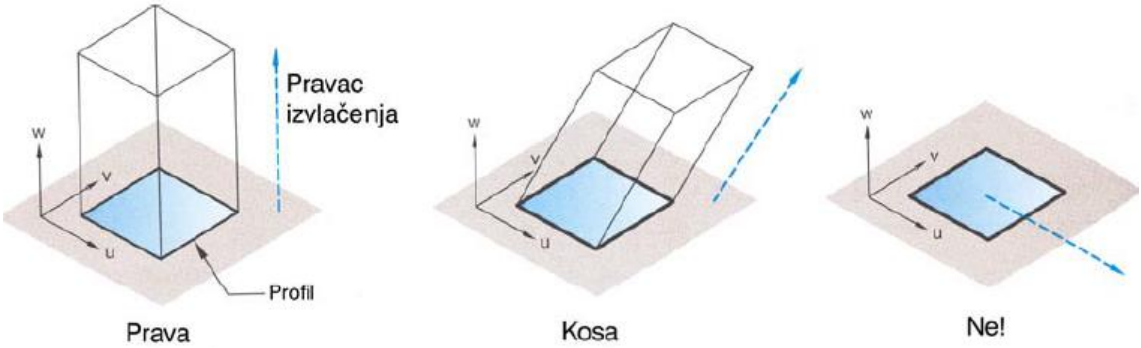
Osnovna ideja, u ovom slučaju, je da se model definiše nizom karakteristka koje se mogu modifikovati. Svaka od karakteristika bi se definisala preko operacija koje, što je moguše priblićnije, reprezentuju projektne ili proizvodne karakteristike finalnog produkta. Na pr. karakteristika bi mogla biti neka rupa bušena u modelu ili zaobljenje neke od spoljašnjih ivica. Svaka od ovih karakteristika moće biti kreirana nezavisno od drugih i povezana tako da promena jedne karakteristike izaziva promene ostalih, zavisnih, karakteristika. Geometrija svake od ovih karakteristika se kontroliše preko promenljivih ograničenja, kreirajuši dinamički model koji moće biti inoviran u zavisnosti od promene projektnih zahteva. Na sl. 5.5.1. prikazani su primeri za ovaj način modeliranja.



Sl.5.5.1. Modeliranje geometrijskim ograničenjima

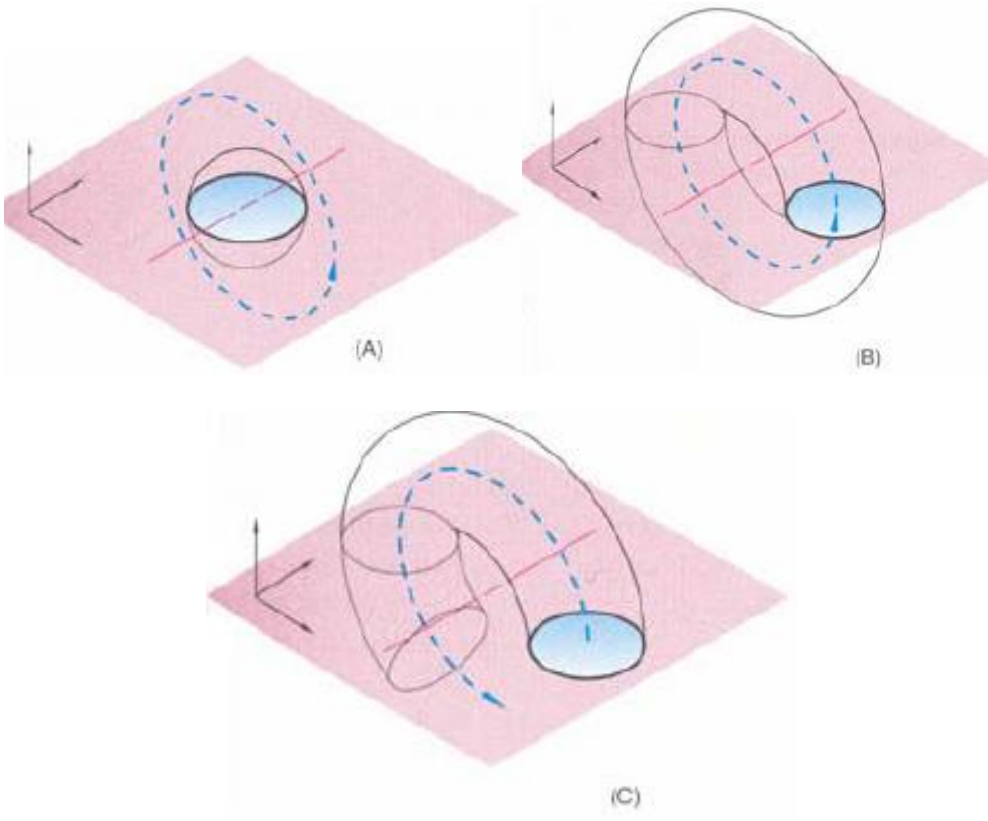
5.6. MODELIRANJE OPERACIJOM IZVLAČENJA

Kod ovog postupka modeliranja, zatvoreni poligon - profil nacrtan u ravni se translatorno pomera ili izvlači duć definisane putanje za definisanu dućinu. U najjednostavnijem slučaju, putanja izvlačenja je linearna i rezultat izvlačenja je prizmatični solid model (slika 5.5.2.). U zavisnosti od ugla nagiba pomenute putanje prizma moće biti prava i kosa. Ugao nagiba ptanje ne sme biti 00, pošto se u tom slučaju ne dobija 3D oblik.



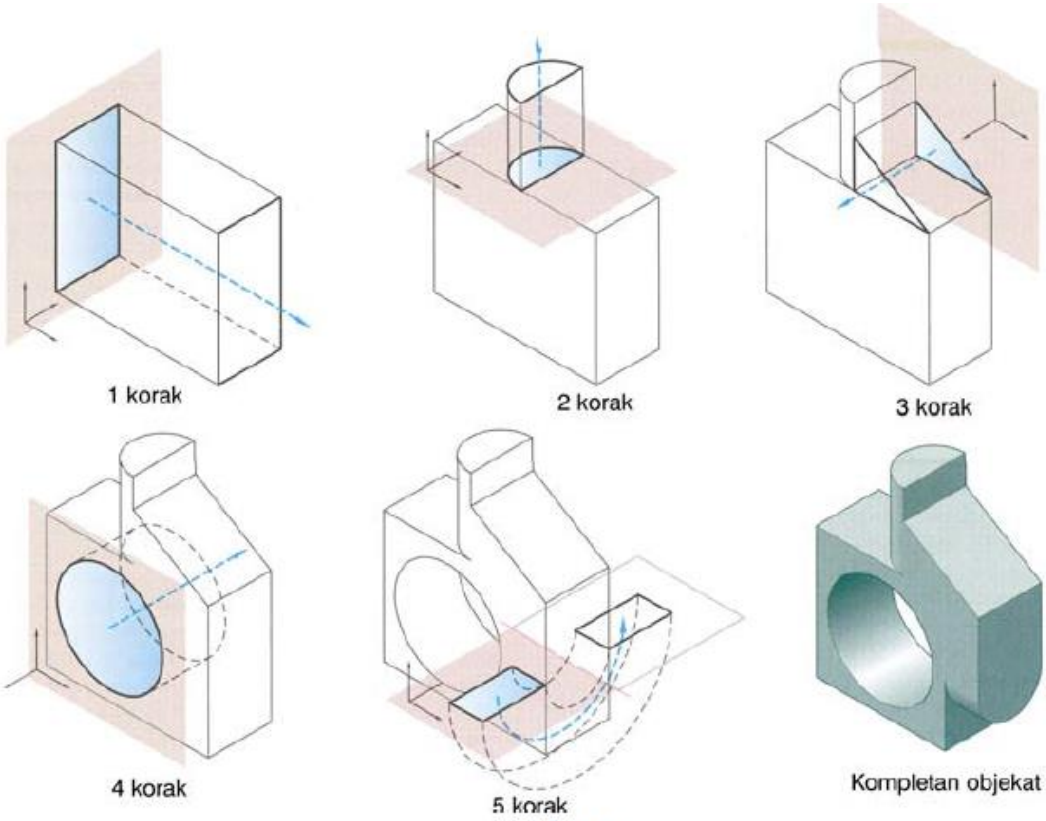
Sl.5.5.5.2.. Solid model

Putanja izvlačenja moće biti i krućna, i u tom slučaju precizno mora da se definiše osa rotacije i u smislu orijentacije i lokacije (slika 5.5.3.).



Sl.5.5.3. Putanja izvlačenja

Na slici 5.5.4. dat je primer kreiranja jednog kompleksnijeg modela operacijom izvlačenja.



Sl.5.5.4. Modeliranje putanjom izvlačenja

Korak 1

Definisan 2D poligon, određen pravac i dućina izvlačenja - definisan bazni oblik

Korak 2

Na gornju stranu baznog oblika relocirati radnu ravan, kreirati polukrug i izvuši ga u polucilindar. operacijom dodavanja pridrućiti dva objekta.

Korak 3

Rotirati radnu ravan za 900 i kreirati trougao. Ivuši trougao i kreirati klin, a nakon toga ga pridrućiti modelu.

Korak 4

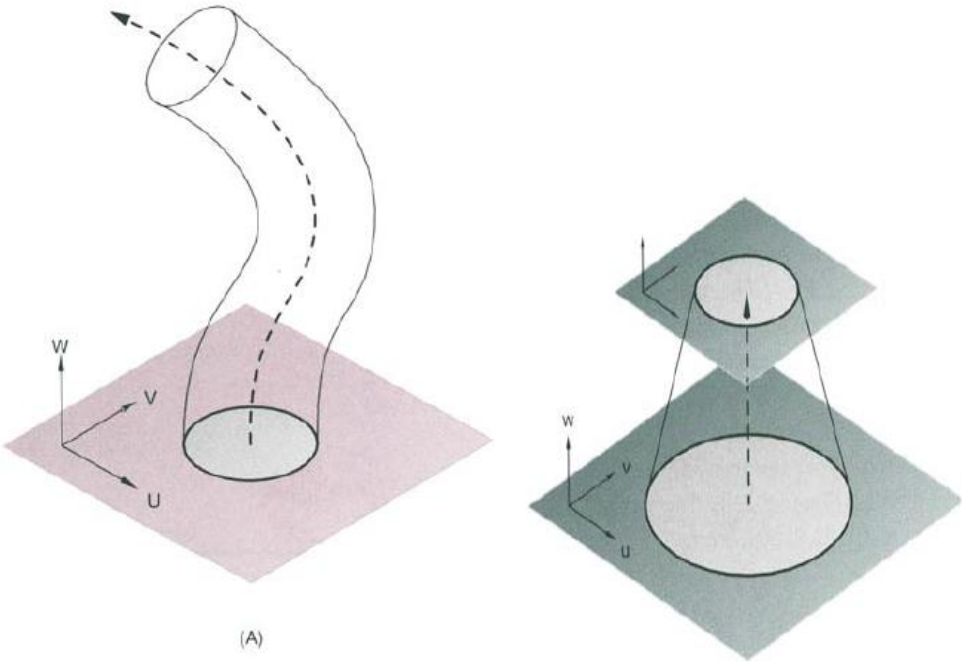
Translirati radnu ravan na čelo objekta. Kreirati krug i izvuši ga, u pravcu kontraivice, u cilindar. Operacijom oduzimanja oduzeti cilindar da bi napravili otvor u objektu.

Korak 5

Finalnim izvlačenjem pravougaonika duć krućne putanje za ugao od 1800, i operacijom oduzimanja ukloniti deo donje strane modela.

Metoda izvlačenja moće da se koristi i za generisanje modela duć krive putanje koja se unapred, u zavisnosti od potreba, definiše (sl. 5.5.5. A).

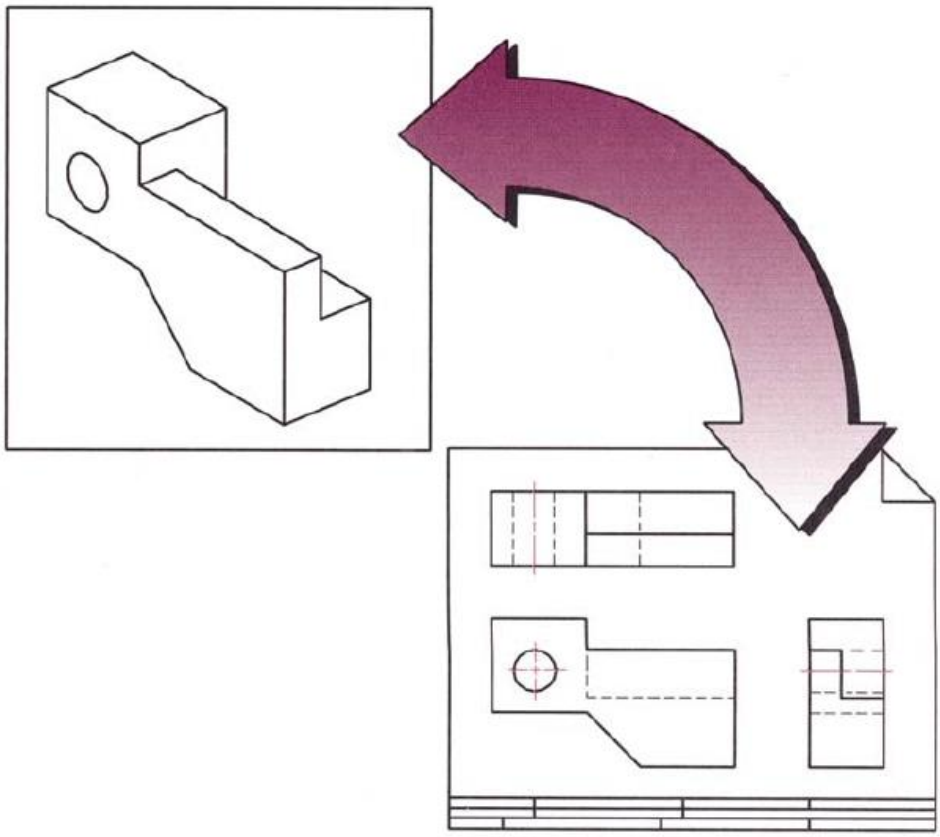
Takođe, jedan oblik izvlačenja se koristi za spajanje različitih profila na jednoj putanji (sl. 5.5.5. B).



Sl.5.5.5. Spajanje različitih profila

Modeli dela sa pridrućenim karakteristikama predstavljaju primarni modul proizvodnih informacija koji mora biti dostupan i ostalim aplikacijama. Te aplikacije mogu biti ostali moduli 3D sistema za modeliranje, drugi sistemi za modeliranje ili preostale odgovarajuše tehnologije koje se koriste u radnoj organizaciji. Napomenuto je da modeleri na bazi ograničenja nude određene tehnike za dinamičku modifikaciju modela dela. Pomenute modifikacije modela dela treba, na neki način, preneti do ostalih proizvodnih alata koji zavise od modela dela, tako da i oni mogu funkcionisati sa najaktuelnijim informacijama o delu. Model dela, u principu, treba smatrati kao deo velike baze podataka o delu kojom se moće upravljati i koja moće biti inovirana od strane radne organizacija. Dinamičko povezivanje najnaktuelnijih informacija znači da svi inćenjeri, tehničari, stručnjaci u marketingu i menadćmentu UVEK imaju pristup pomenutim informacijama.To se moće uraditi povezivanjem, odnosno, asocijativnoššu, podataka. Asocijativnost moće biti jednosmerna i dvosmerna. Kod jednosmerne asocijativnosti promene podataka u 3D modelu se reflektuju kod ostalih proizvodnih alata, ali u suprotnom pravcu se to ne dešava. Kod dvosmerne asocijativnosti promemene podataka ili u

3D modelu ili kod drugih proizvodnih alata se reflektuju na onu drugu i obrnuto. Na slici 5.5.6. prikazana je asocijativnost kod 3D modela i 2D crteća.



Sl.5.5.6. Asocijativnost kod 3D modela

Model dela moće da poslući za **VIZUELNU OCENU,** koja je veoma brza i laka, ali i izuzetno subjektivna. Ipak stručna lica mogu da donose kvalitetne zaključke o objektu projektovanja na osnovu vizualne analize. Vizualna analiza se takođe koristi za donošenje odluka vezanih za estetiku, odnosno za "izgled" objekta.

ANALIZA KINEMATIKE je metoda kojom se, preko 3D modela, procenjuje da li je određeni mehanizam koga čini više povezanih različitih delova koji su pokretni jedan u odnosu na drugi, sklopljen na korektan način.

Dodatne informacije o objektu projektovanja, uz pomoš 3D modela, mogu se dobiti pomošu **ANALIZE FIZIČKIH KARAKTERISTIKA.** To su

zapremina, masa, tećište i td. Proračun pomenutih karakteristika je moguše ponavljati, na istom modelu, za različite vrste materijala.
Fizičke karakteristike mogu da posluće za proračun sila koje deluju na objekat, ali ne i to kako objekat "odgovara" na njih, pošto to predstavlja veoma kompleksan zadatak. Ova problematika se moće jasno razumeti samo kod veoma jednostavnih geometrijskih oblika. Metodom diskretizacijedele se kompleksnije geometrijske forme u jednostavnije oblike, tako da se moće proceniti reakcija objekta na dejstvo sila. Ovaj postupak kreiranja modela pomošu geometrijskih primitiva se naziva modeliranje konačnih elemenata (Finite Element Modeling - FEM), a analiza koja se provodi na tom modelu

5.7. ANALIZA KONAČNIH ELEMENATA

3D modeliranje moće da se kombinuje sa RAČUNAROM PODRŽANOM PROIZVODNJOM (Computer Aided Manufacturing - CAM) da bi se, što je moguće više, zadovoljili proizvodni uslovi. 3D model sa odgovarajušom bazom podataka mora da poveće proces projektovanja i proizvodnje uz značajno smanjenje ili eliminaciju konvencionalnih aktivnosti ili proizvodnih crteća. U mnogim slučajevima 3D model i baza podataka mogu biti preneti direktno računarskom sistemu u cilju kontrole proizvodnih operacija. I ovde moće da se govori o jednosmernoj i dvosmernoj asocijativnosti između CAD modela i CAM alata, koje treba da skrate vreme i greške prilikom generisanja proizvodnih informacija.

6.0.PROJICIRANJE

Nacrtna geometrija je matematička disciplina koja se bavi metodama projiciranja. Jedan od osnovnih ciljeva nacrtne geometrije je razvijanje sposobnosti razmišljanja i zamišljanja u prostoru. Zahvaljujući projiciranju možemo postići glavni cilj tehničkog crtanja u mašinstvu, a to je prikaz trodimenzionalnog (prostornog) mašinskog dela u ravni. Postoje dva načina projiciranja koja se koriste u praksi:

- centralno
- paralelno
- ortogonalno

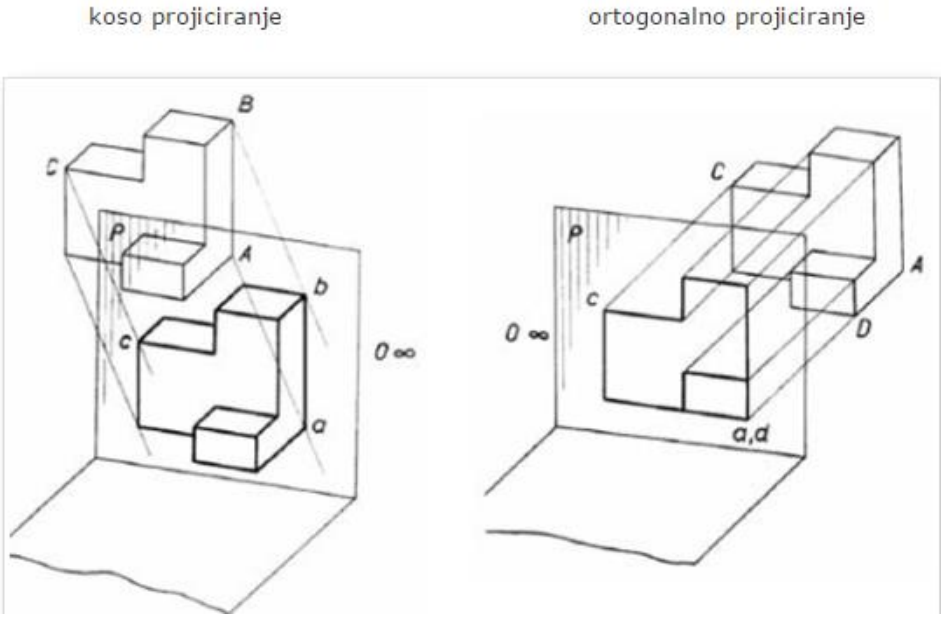
Osnovna svojstva centralnog projiciranja

Pri centralnom projiciranju zraci projiciranja stižu se u jednoj tački – centru projiciranja, koja se nalazi u konačnosti. Kod ovog projiciranja ista dužina

se različito skraćuje ili povećava u zavisnosti od projekcijske ravni u odnosu na centar projiciranja. Primenjena centralna projekcija se naziva perspektiva. Ovaj način projiciranja koristi se u arhitekturi i slikarstvu.

Osnovna svojstva paralenog projiciranja

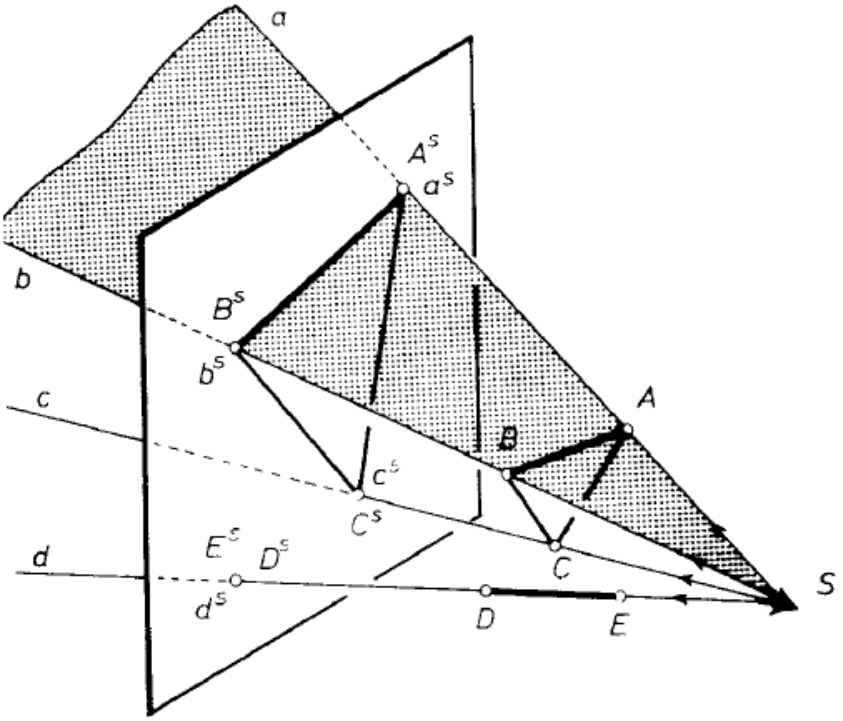
Kada zamislimo da je centar projiciranja pomeren u beskonačnost, svi projekcijski zraci bi postali međusobno paralelni pa je nazivamo paralelna projekcija. Projekcijski zraci u paralelnom projiciranju mogu biti kosi ili upravni na projekcijsku ravan. Najčešće korišćeni način projiciranja u tehnici je ortogonalno projiciranje i kod ovog projiciranja sve mere predmeta na crtežu su u istoj razmeri.



Slika 6.01. Koso i ortogonalno projeciranje

Projicirati znači prikazati tačku, dužinu, lik ili tijelo u jednoj ravnini. Slika projicirane tačke, dužine, lika ili predmeta zove se projekcija. Svako tijelo ima tri dimenzije dužinu,visinu, i širinu, pomoću projekcija prikazujemo međusobne prostorne odnose geometrijskih likova nekog tijela u jednoj ravnini. Projekcije tih likova na papiru imaju samo dvije dimenzije:širinu i visinu. U tehničkom crtanju primjenjujemo usporedno projiciranje kod kojega su zrake projiciranja međusobno usporedne i okomito padaju na ravninu projiciranja, takvo se projiciranje još naziva pravougaon(ortogonalno, normalno) slika 6.0.1..

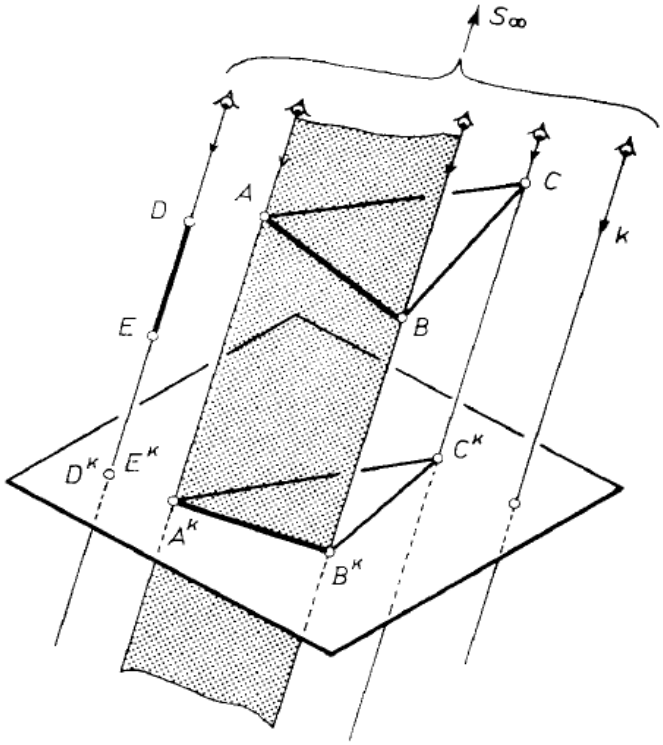
Oko posmatrača S (sl. 6.0.2) vidi objekat - trougao ABC kao trougao ABC. Ako se vidni zraci preseku sa nekom ravni dobiše se tačke AsBsCs kao sliku trougla ABC na toj projekcijskoj ravni. Takva slika se naziva centralnom projekcijom ili perspektivom datog objekta - trougla ABC.



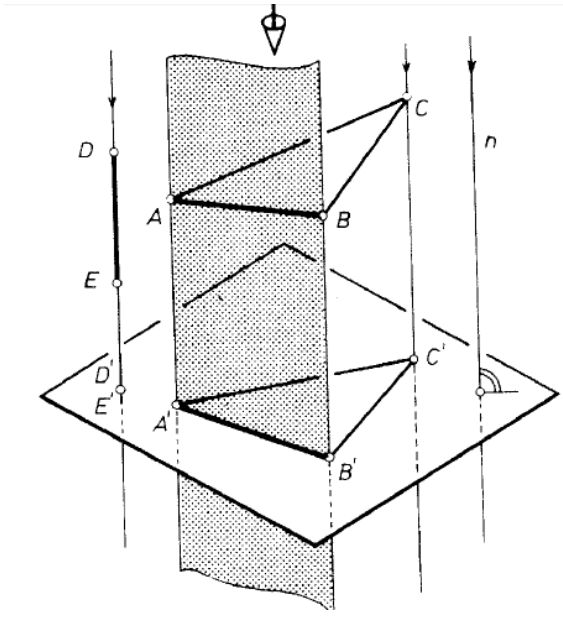
Sl.6.0,2. Centralna projekcija-perspektiva

Prave koje prolaze kroz oko S ispunjavaju ceo prostor, a zovemo ih vidnim ili projicirajućim zracima. Ako se zamisli da je S svetlosni izvor, tj. da su vidni zraci svetlosni zraci, tada slika objekta dobijena na projekcijskoj ravni može shvatiti i kao njegova senka bačena na tu ravan.

Odmakne li se oko S (ili izvor svetlosti) dovoljno daleko (teorijski beskonačno) zraci postaju međusobno paralelni, pa se od centralnog dobija paralelno projiciranje. Kada ti paralelni zraci stoje koso prema projekcijskoj ravni, projiciranje zovemo kosim, a dobijenu sliku (senku) kosom projekcijom objekta (sl. 6.0.3). Kada paralelni zraci stoje upravno (ortogonalno) na projekcijsku ravan, projiciranje zovemo ortogonalnim a dobijenu sliku (senku) ortogonalnom projekcijom objekta (sl. 6.0.4)

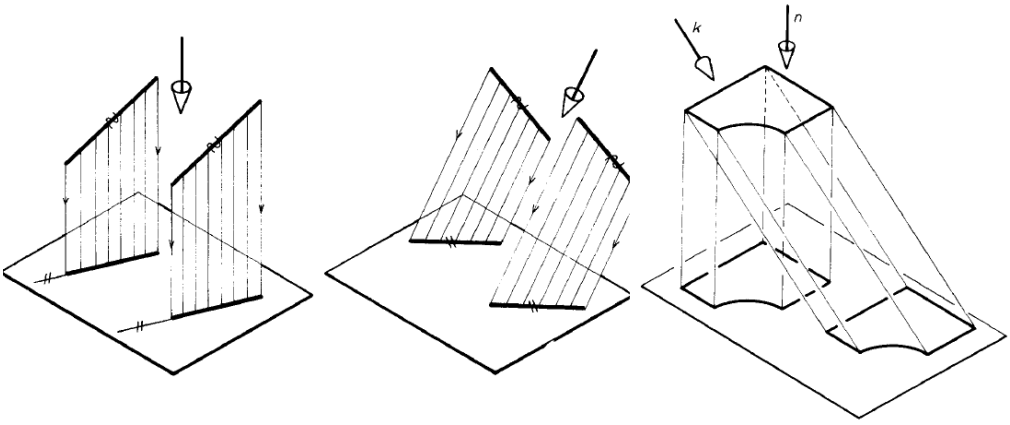


Sl.6.0.3. Koso projiciranje



Sl.6.0.4. Ortogonalno-normalno projiciranje

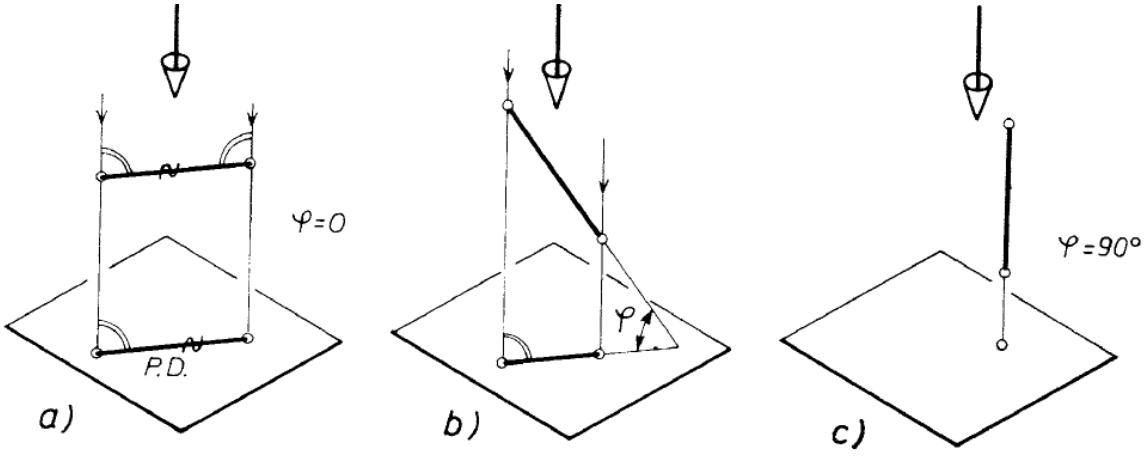
Paralelne duži (na pr. ivice neke prizme) i posle paralelnog kosog ili ortogonalnog projiciranja na bilo koju projekcijsku ravan moraju i u projekciji biti paralelne (sl. 6.0.5)



Sl.6.0,5. Paralelnost izvodnica na ravan

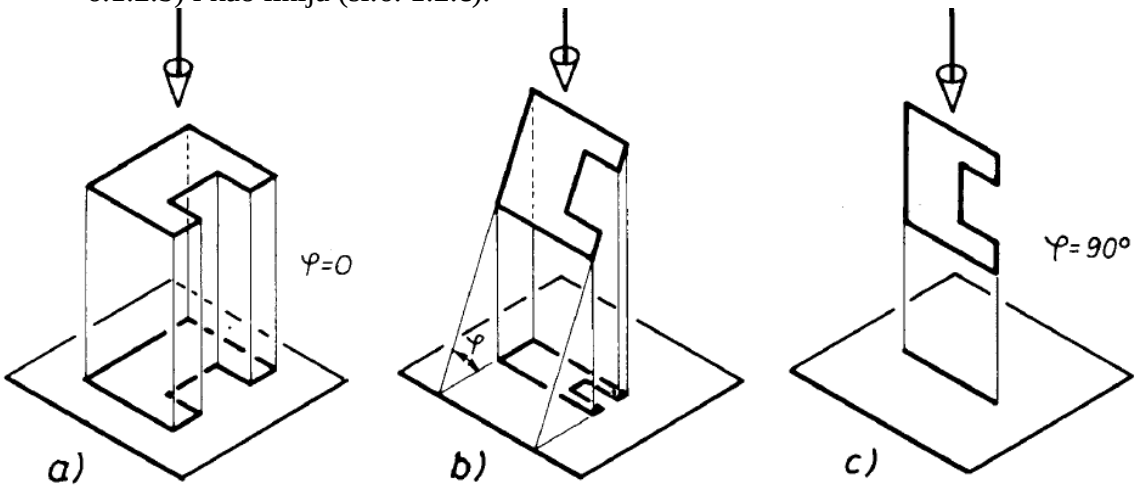
6.1. KARAKTERISTIKE PARALELNIH PROJICIRANJA

Duž u ortogonalnoj projekciji može da se vidi samo kao duž iste ili manje dužine. U pravoj dužini vidi se kada su projicirajući zraci upravni na duž, tj. kada je duž paralelna projekcijskoj ravni (sl. 6.1.1.a). Postavi li se duž koso prema vidnim zracima, tj. koso prema projekcijskoj ravni, duž se u projekciji vidi skraćeno (sl. 6.1.1.b). Kada ugao f poraste na 90°, tj. kada duž dođe u zračni položaj (u pravac vidnih zrakova), vidi se kao tačka (s. 6.1.1.c).



Sl.6.1.1. Paralelno projiciranje

Po istoj logici i ravan lik se vidi u pravoj veličini (sl. 6.1.2.a), umanjen (sl. 6.1.2.b) i kao linija (sl.6. 1.2.c).



Sl.6.1.2. Okomito projiciranje

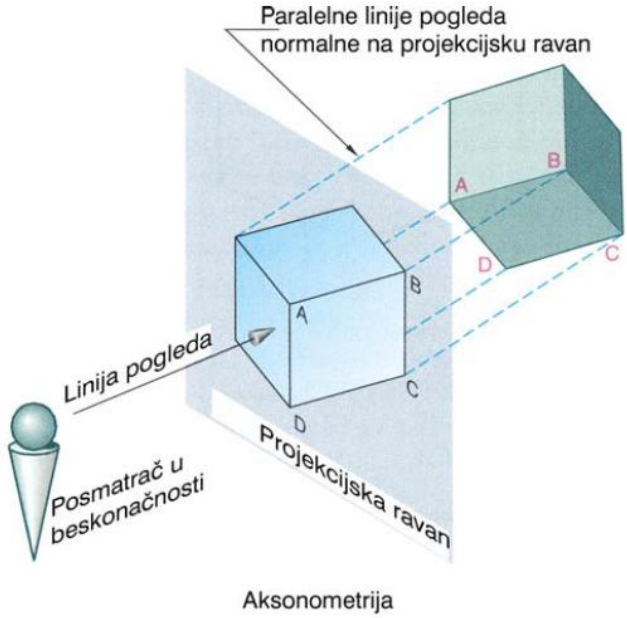
6.2. PRIKAZIVANJE PREDMETA U JEDNOM POGLEDU

Ideja o nekom proizvodu rađa se u glavi konstruktora. Da bi se ona saopštila onima koji će tu ideju realizovati, mora se prethodno preneti na hartiju u vidu crteža.

Ako se posmatra, na pr., fotografija nekog objekta (a to je u stvari centralna projekcija ili perspektiva objekta dobijena na ravni filma u fotoaparatu), dakle jedan dvodimenzionalni komad hartije, uočavaju se, ne samo dimenzioni odnosi i rastojanja po širini i visini, nego i po dubini. Znači vidi se i treća dimenzija prostora, iako je ovaj na fotografiji za tu dimenziju "skraćen" (degenerisan). Svakako da ovaj način izražavanja izluzije o trećoj dimenziji nije adekvatan tehničkim potrebama i mogućnostima.

6.3.AKSONOMETRIJA

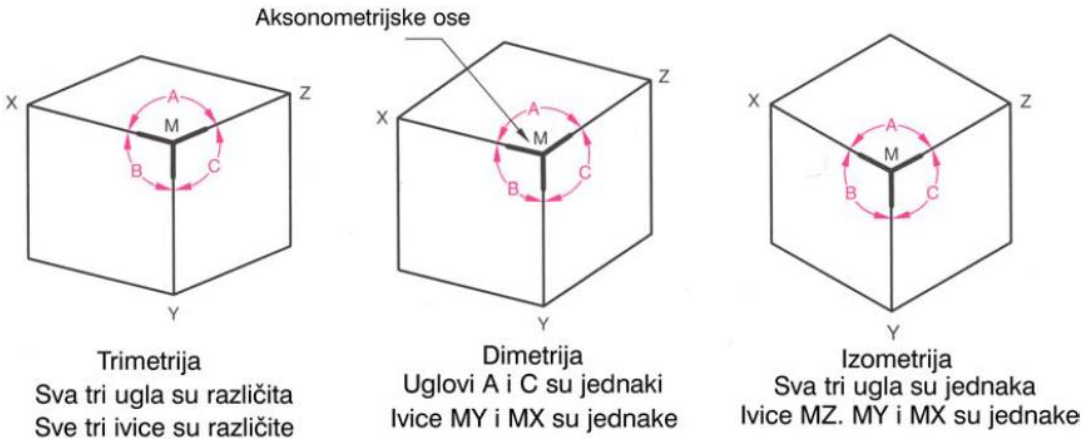
Aksonometrija se sastoji u tome da se predmet sa svojim pravcima x, y i z postavi u odnosu na projekcijsku ravan tako da se posle paralelnog projiciranja dobija slika na kojoj se vide sva tri pravca. Dimenzije se u pravcima osa nanose u zavisnosti od deformacije pojedine ose, pa otuda naziv aksonometrija - merenje po osama (sl. 6.3.1.).



Sl.6.3.1. Aksonometrijsko projiciranje

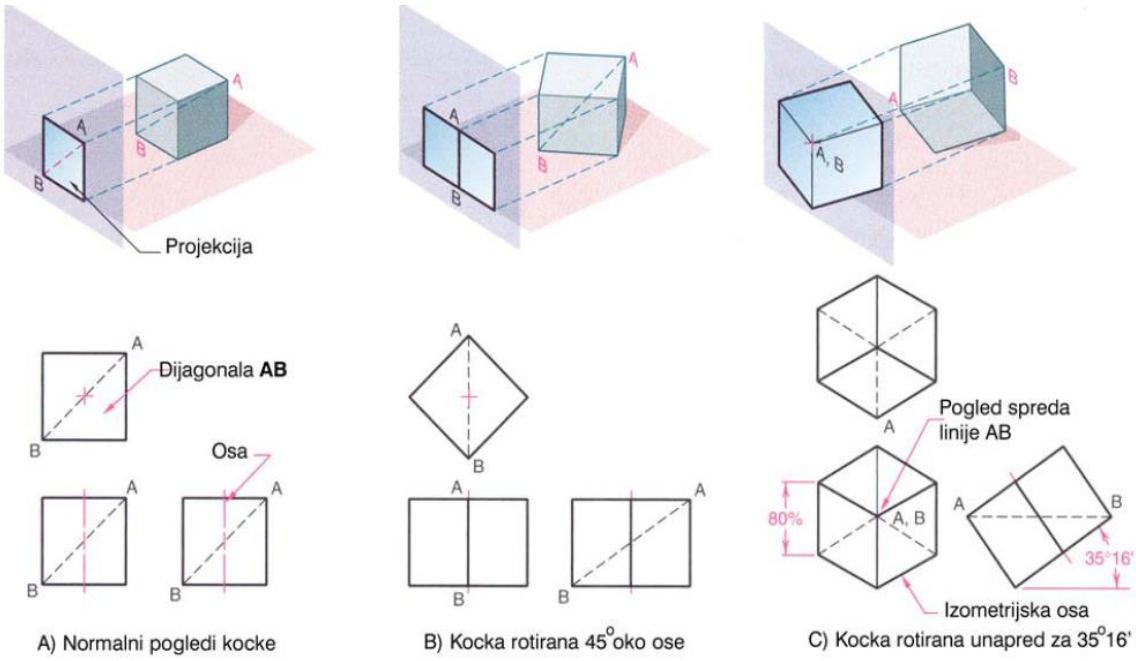
Aksonometrijski crtež se klasifikuje preko ugla koji zahvataju pojedine aksonometrijske ose. Pomenute ose grade teme objekta koje je najbliže posmatraču. Slika 6.3.1. pokazuje tri različita aksonometrijska projeciranja.

Vrsta aksonometrije		Karakteristične izmjere				
		α	β	a	b	c
A	**Kosa aksonometrija**					
A. 1	Kosa projekcija	30° 45°	0°	1	1	1/2 ... 2/3
A. 2	Frontalna (kavalir) aksonometrija	30° 45°	0°	1	1	1
B	**Ortogonalna aksonometrija**					
B. 1	Izometrijska projekcija	30°	30°	1	1	1
B. 2	Dimetrijska projekcija	42°	7°	1	1	1/2
B. 3	Trimetrijska projekcija	30° 45°	<30°	proizvoljne		



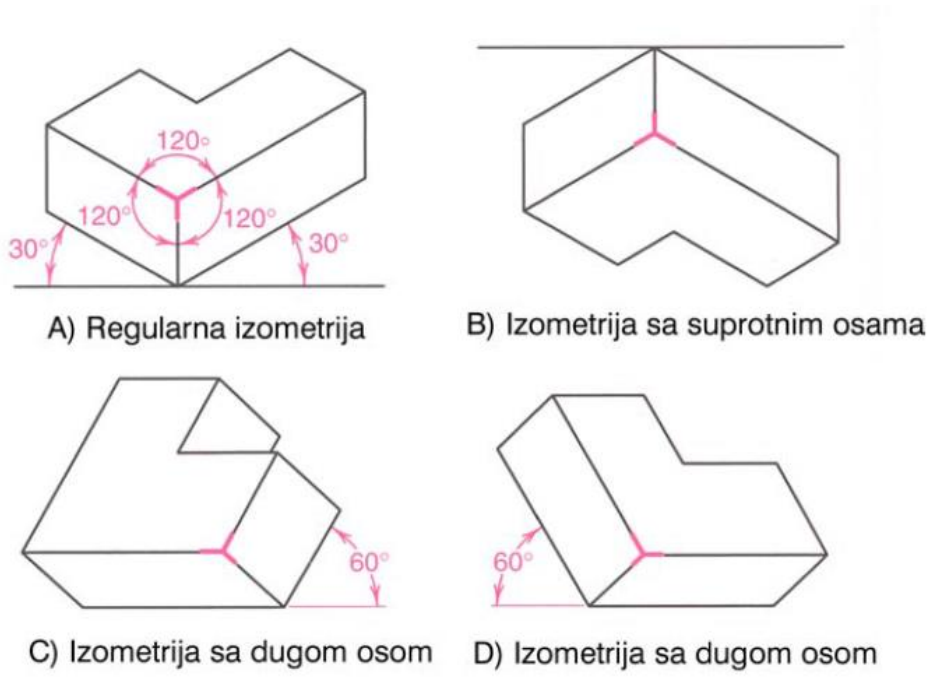
Kada su sva tri ugla različita crtež se definiše kao trimetrija. Trimetrijski crtež je najpogodniji za oko, ali je i najteži za crtanje. Kada su dva ugla jednaka govori se o dimetriji. Kada su sva tri ugla jednaka govori se o izometriji (ista mera), koja je najnepogodnija oku ali i najlakša za crtanje.

Izometrijski pogled nekog objekta se dobija njegovom rotacijom od 45° oko vertikalne ose, a nakon toga naginjanjem objekta (u ovom slučaju kocka) unapred dok se telesna dijagonala AB ne pojavi kao tačka u pogledu spreda (sl. 6.3.2.). Ugao za koji se naginje kocka je 35° i 16'. Tri ose se sučeljavaju u A,B formirajući jednake uglove od 120° i nazivaju izometrijske ose. Svaka ivica kocke je paralelna jednoj od izometrijskih osa. Bilo koja linija koja je paralelna nekom od pravaca izometrijskih osa naziva se izometrijska linija. Ravni stranica kocke i sve ravni koje su paralelne njima nazivaju se izometrijske ravni. Pomenuto naginjanje kocke unapred izaziva skraćenja pri projektovanju na projektnu ravan. Projektovana dužina na projektnu ravan, u ovom slučaju, iznosi cca 80% stvarne dužine (sl. 6.3.2.).



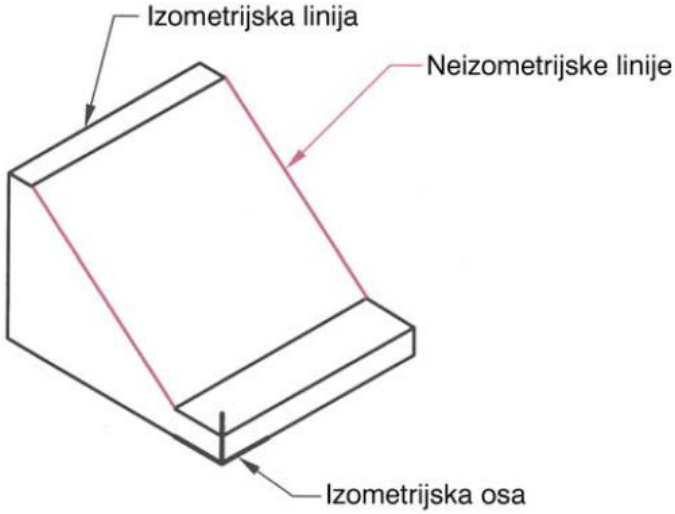
Sl.6.3.2. Aksiometrijske projekcije kocke

Izometrijski crtež, kao što je napomenuto, je aksonometrijski crtež sa uglovima između osa od 120° i punom razmerom. Izometrijske ose mogu biti različito pozicionirane u cilju kreiranja različitih pogleda istog objekta. Slika 6.3.3. A predstavlja tzv. regularnu izometriju gde je pravac gledanja usmeren nadole od vrha objekta. Ovde su ose pod uglom od 30° nacrtane iznad horizontale. Kod izometrije sa suprotnim osama (sl. 6.10B) pravac gledanja je usmeren na gore od dna objekta, a ose pod uglom od 30° nacrtane ispod horizontale. Kod izometrije sa dugom osom pravac gledanja je sa leve ili desne strane objekta, a jedna osa je nacrtana pod uglom od 60° u odnosu na horizontalu.



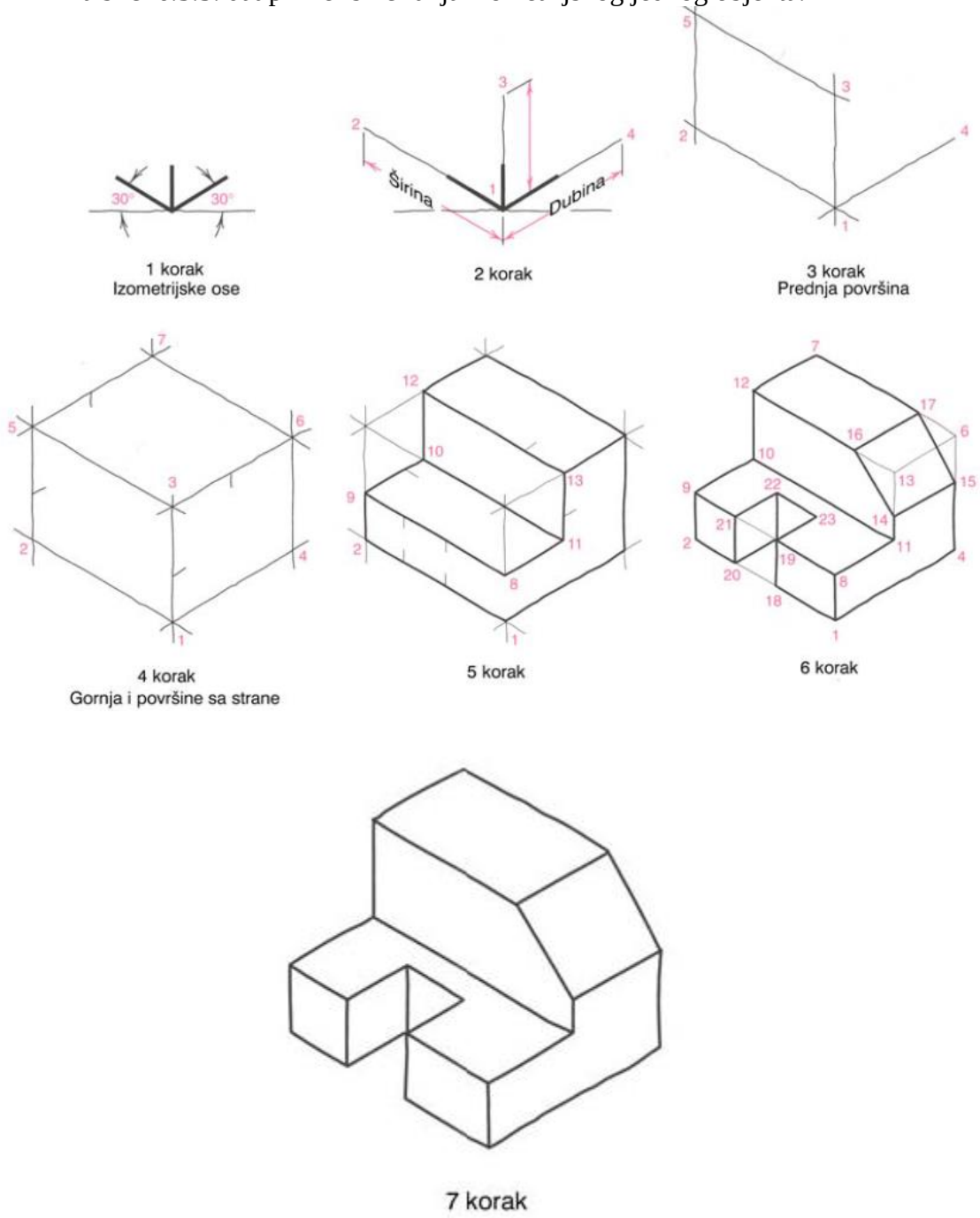
Sl.6.3.3.Izometrijsko crtanje

Kod izometrijskog crteža, stvarne veličine se mere jedino duž izometrijskih linija (koje su paralelne izometrijskim osama). Linije koje nisu paralelne osama nazivaju se neizometrične linije, i one ne mogubiti merene direktno već se kreiraju lociranjem dve krajnje tačke (sl. 6.3.4.). Na isti način se definišu i neizometrične ravni.



Sl.6.3.4. Izometrijsko crtanje

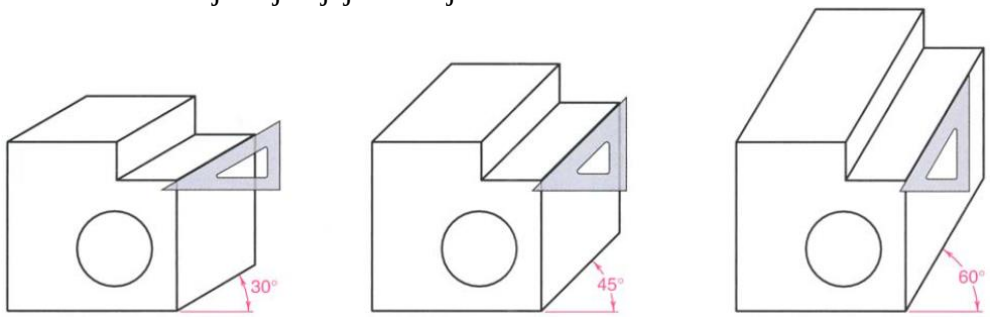
Na slici 6.3.5. dat primer skiciranja izometrijskog jednog objekta.



Sl.6.3.5..Postupak izometrijskog skiciranja objekta

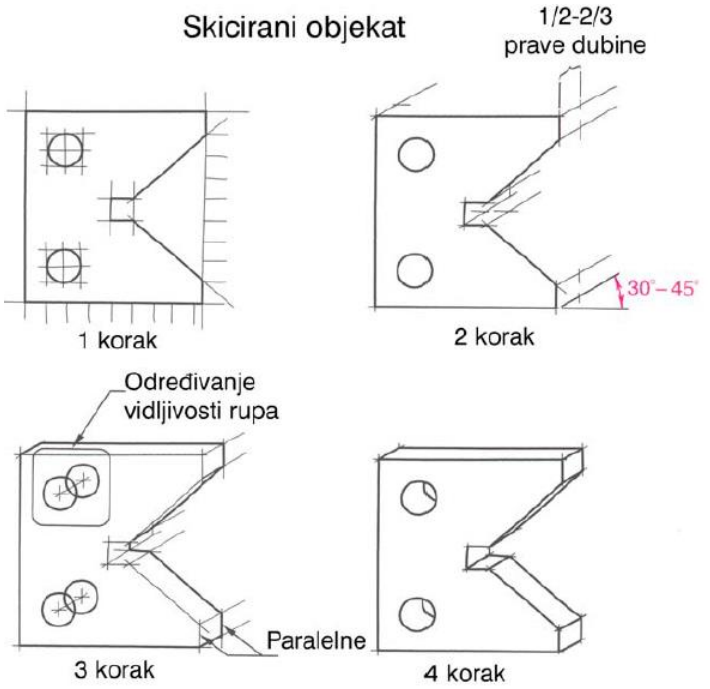
6.4.KOSA PROJEKCIJA

Kosa projekcija predstavlja oblik paralelnog projiciranja kod koga su projicirajući zraci međusobno paralelni, ali ne i normalni na projektnu ravan. Stvarni ugao zraka u odnosu na projicirajuću ravan može biti različit (sl. 6.4.1.), mada se preporučuju uglovi od 30° do 60° zbog najmanjih deformiteta koji se javljaju na objektu.



Sl.6.4.1. Kosa projekcija

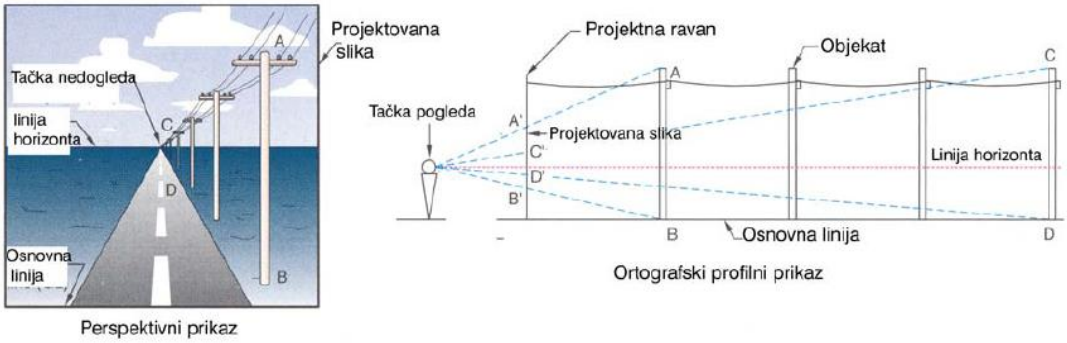
Osnovna karakteristika kose projekcije je stvarni oblik i dimenzije frontalnog pogleda uz potrebu definisanja treće dimenzije ("dubine"). Na slici 6.4.2. prikazan je postupak skiciranja kose projekcije jednog predmeta.



Sl.6.4.2. Postupak skiciranja kose projekcije

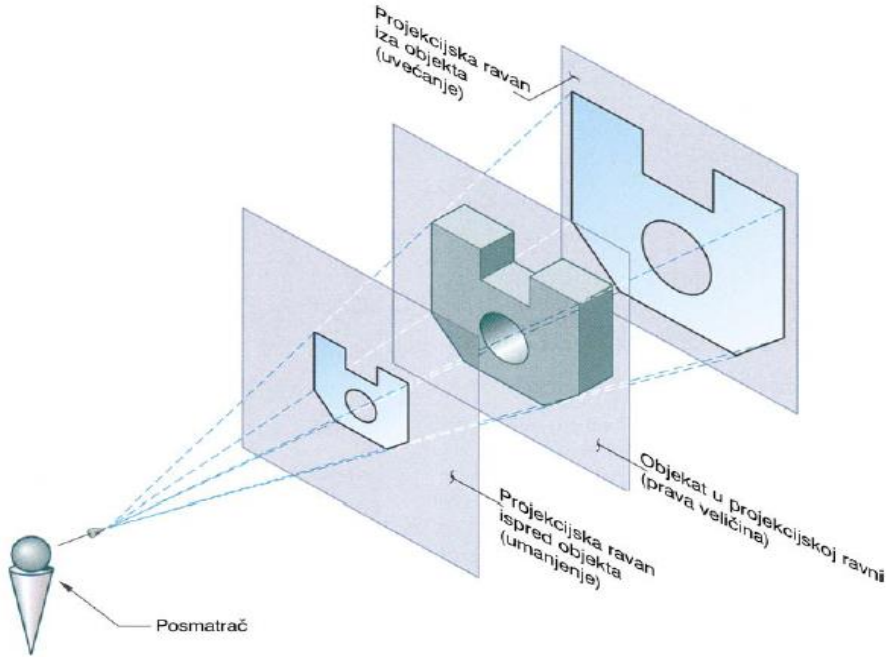
6.5. PERSPEKTIVA

Prikaz perspektivom predstavlja najrealističniju sliku predmeta u 2D prostoru, pošto ljudski vizuelni sistem kreira sliku najsličniju perspektivnom prikazu. Ako se analizira prikaz perspektivom može se uočiti određeni broj karakterističnih termina vezanih za ovaj način prikaza. Na slici 6.5.1. prikazan je perspektivan i ortografski prikaz jednog puta. U prikazu perspektivom se uočava linija horizonta i tačka pogleda koja predstavlja položaj oka posmatrača..



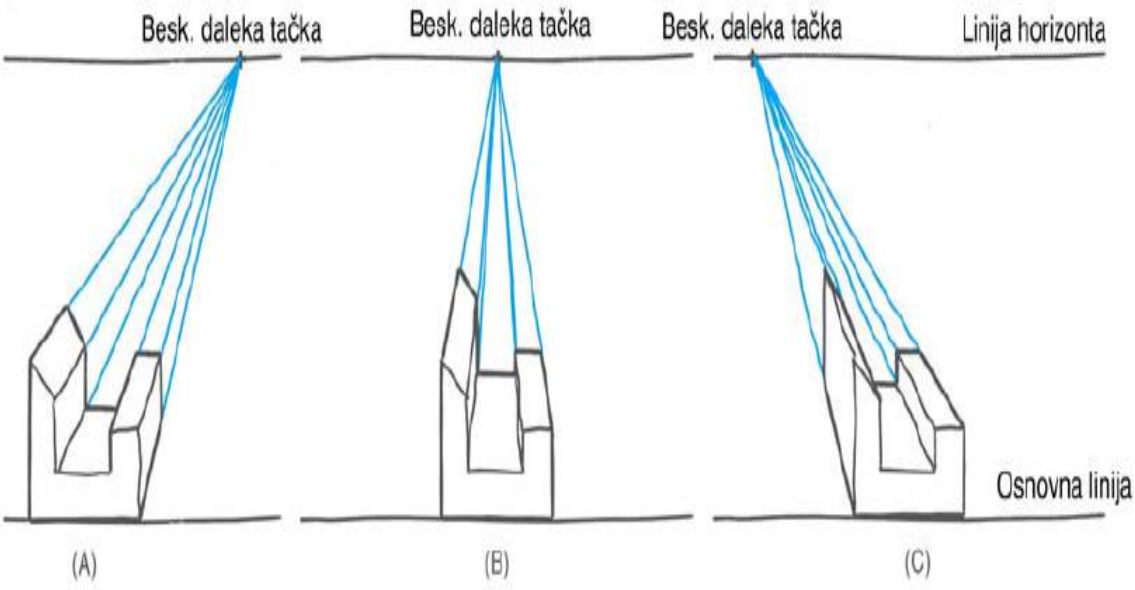
Sl.6.5.1. Perspektivan i ortografski profilni prikaz

Na slici 6.5.2. prikazan je izgled objekta u perspektivnom prikazu kada se on približava i udaljava od projektne ravni.



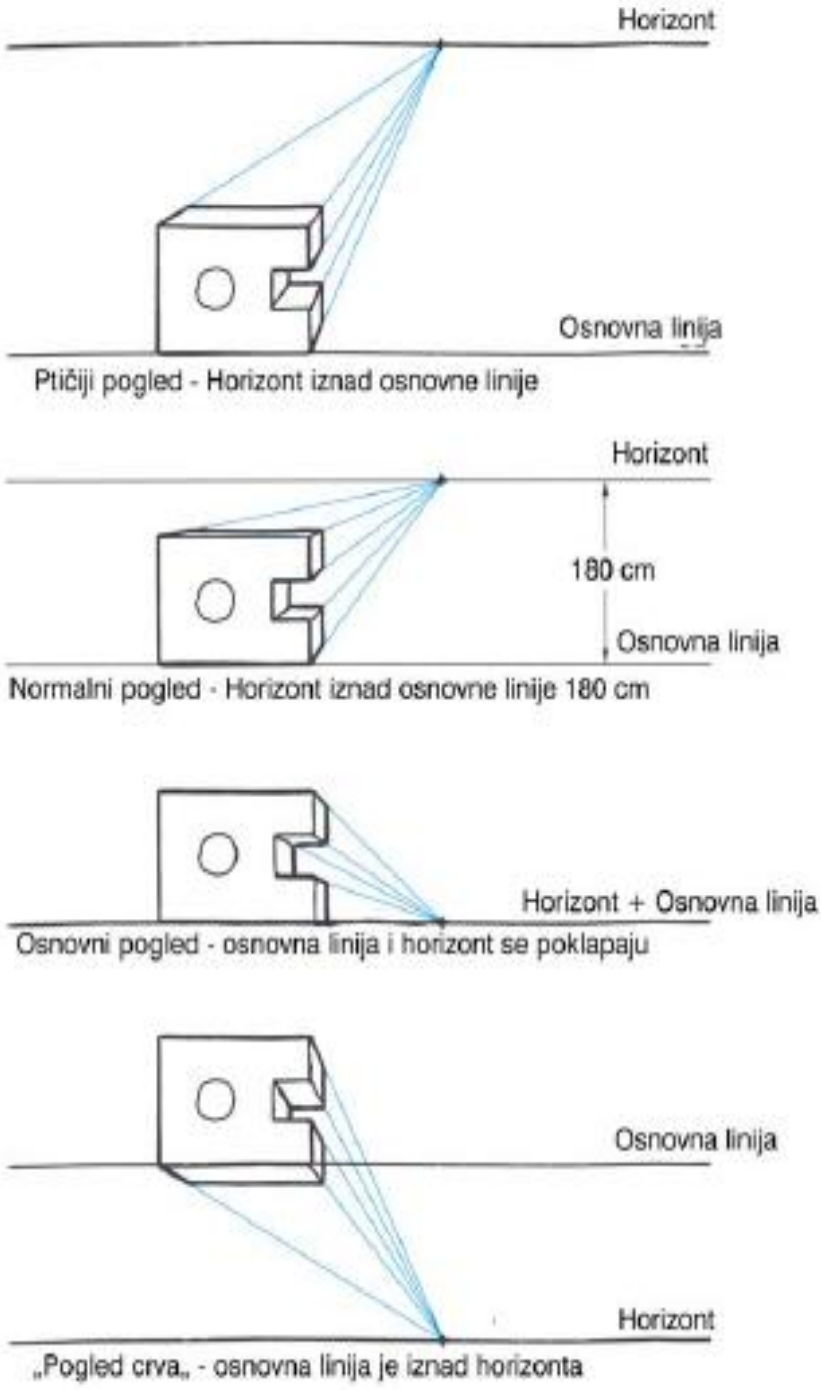
Sl.6.5.2. Objekat u perspektivnom prikazu kada se on približava i udaljava od projektne ravni.

Objekat koji je pozicioniran beskonačno od projektne ravni prikazuje se kao tačka koja se naziva beskonačno daleka tačka. Ova tačka predstavlja mesto na horizontu gde konvergiraju projicirajući zraci. Postavljanjem ove tačke direktno iza objekta, kao što je prikazano na slici 6.17B, dobija se direktni perspektivni izgled predmeta. Shodno ovome se dobijaju i levi i desni perspektivni izgled predmeta, u zavisnosti od postavljanja beskonačno daleke tačke (sl. 6.5.3.A i 6.5.3.C).



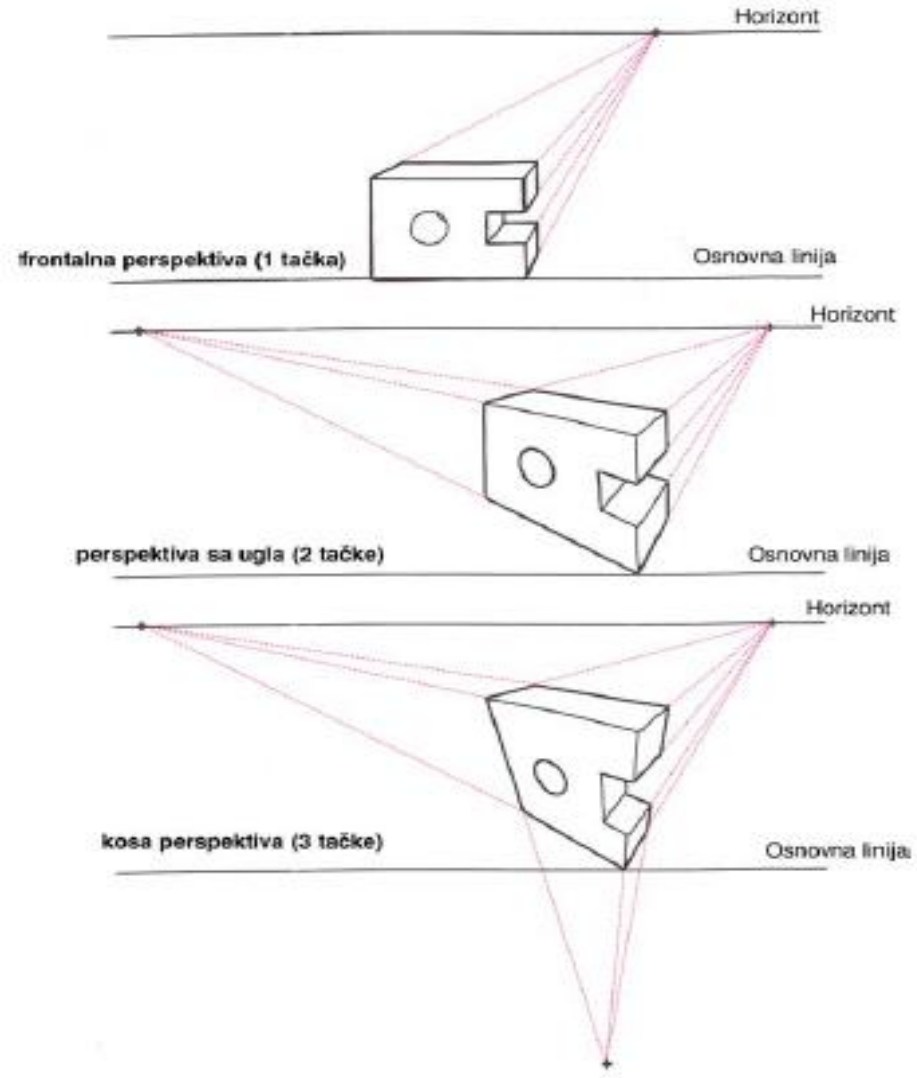
Sl.6.5.3.. Perspektivni izgled predmeta

Osnovna linija predstavlja mesto na kome se nalazi objekat. Prikaz pperspektivom zavisi i od pozicije osnovne linije u odnosu na horizont. Slika 6.5.4. prikazuje različite tipove pogleda u perspektivi u zavisnosti od pomeranja (nagore i nadole) osnovne linije.



Sl. 6.5.4. Različiti pogledi u perspektivi

Ptičiji pogled se dobija kada se horizont postavi visoko iznad osnovne linije. Normalni pogled (pogled čoveka) se dobija kada se horizont postavi iznad osnovne linije za cca 180 cm. Osnovni pogled se dobija kada posmatrač stoji na osnovnoj liniji. "Pogled crva" se dobija kada je osnovna linija iznad horizonta.
Pogledi u perspektivi se mogu podeliti i u zavisnosti od broja beskonačno dalekih tačaka koje se koriste za generisanje crteža. To su frontalna (jedna tačka), perspektiva sa ugla (dve tačke) i kosa perspektiva (tri tačke) (slika 6.5.5.).



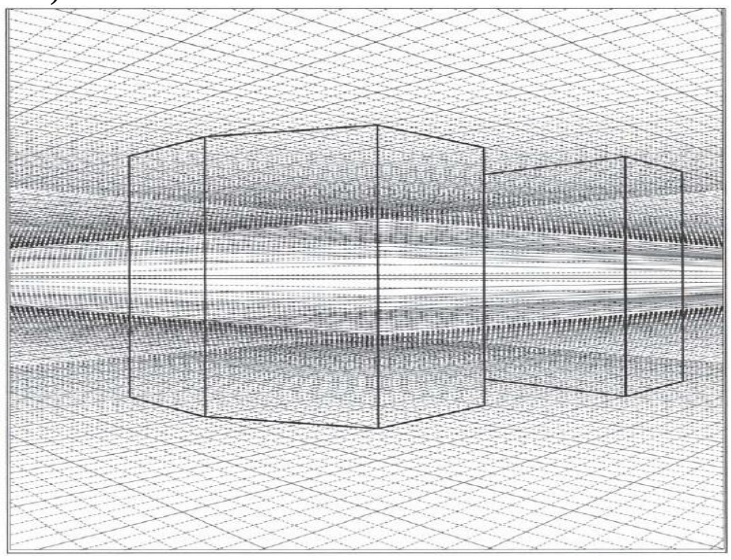
Sl.6.5.5. Perspektive sa ugla

Kod frontalne perspektiva jedna stranica objekat je paralelna projektnoj ravni. Kod perspektive sa ugla samo jedna ivica objekta je paralelna projektnoj ravni, akod kose perspektive nijedna ivica nije paralelna projektnoj ravni.
Prilikom generisanja crteža u perspektivi mora se vizuelizirati (zamisliti) traženi pogled, postaviti neophodne promenljive, a zatim generisati crtež. Promenljive koje se javljaju kod prikaza u perspektivi su:

1. **Rastojanje objekta od projektne ravni.** Logično je da nam je želja da prikažemo objekat bez mnogo deformacija, te ga stoga treba postaviti veoma blisko projektnoj ravni (sl. 6.5.2.).
2. **Pozicija tačke pogleda**. Teži se da pozicija tačke pogleda bude direktno u pravcu centra objekta. U principu se tačka pogleda postavlja tako da u odnosu na objekat posmatranja gradi ugao od cca 30°(sl. 6.5.5.).
3. **Pozicija osnovne linije.** U zavisnosti od potreba izabrati poziciju osnovne linije prema sl. 6.5.4.
4. **Broj beskonačno dalekih tačaka.** U zavisnosti od zahteva i potreba izabrati frontalnu, perspektivu sa ugla ili kosu perspektivu.

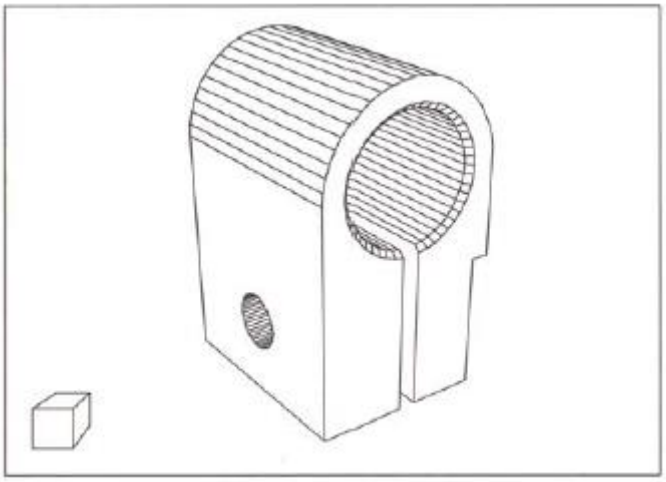
CAD se mogu koristiti za generisanje crteža u perspektivi i to na četiri načina:

1. Generisanje perspektive na osnovu prethodno opisanih principa korišćenjem CAD alata umesto konvencionalnog prilaza.
2. Generisanje perspektive pomoću opcije "mreža za perspektivu" (sl. 6.5.6).



Sl.6.5.6.Generisanje perspektive pomoću opcije "mreža za perspektivu"

3. Automatsko generisanje 3D modela u perspektivi pomoću odgovarajuće opcije (sl. 6.5.7.)



Sl.6.5.7. Generisanje 3D modulom u perspektivi

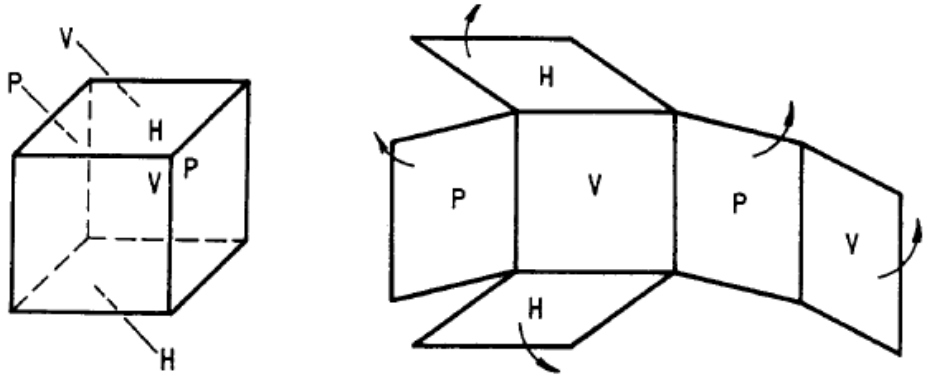
4. Generisanje perspektive kod 3D modela sa pridruženim karakteristikama materijala, boje, izvora i tipa svetlosti i dr. (sl. 6.5.8.).



Sl.6.5.8.. Generisanje 3D modulom u perspektivi sa pridruženim karakteristikama materijala

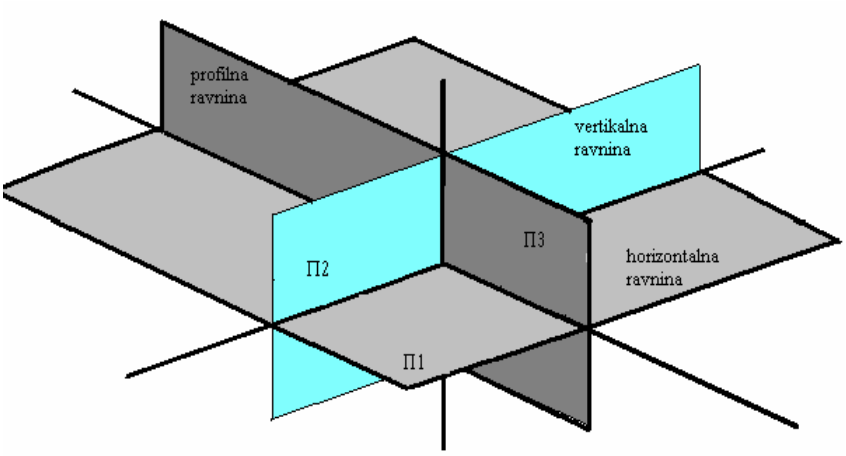
7.0.ORTOGONALNI CRTEŽ

Ortogonalni crtež je takv gde se predmet crta u dve dimenzije u više ortogonalnih projekcija(pogleda). Projektnii zraci su međusobno pralelni i normalni na projektne rvni. Predmet crtanja postavlja se u prostor omeđen sa šest međusobno normalnih, odnosno paralelnih ravni. Zbog toga se za svaki predmet može nacrtati šest osnovnih ortogonalnih pogleda. Prostor sa šest međusobno normalnih ravni je kocka sa svojih šest stranica. Kocka ima po dve paralelne stranice, odnosno po dve horizontalne – H, vertikalne – V i profilne- P orijektne ravni. Predmet crtanja se zamišljeno postavi unutar kocke, tako da su mu površine paralelne sa stranicama kocke. Stranice kocke (projektne ravni obaranjem se kao na slici 1, dovode u jednu ravan-ravan crtanja, tj. vertikalnu ravan. Zadnja vertikalna stranica (V) kocke je u sredini, dok su ostale oko nje. Horizontalne ravni se obaraju na dole i gore, a profilne sa strane, na levo i na desno. Prednja vertikalna ravan se obara na desnu stranu pored profilne. Na taj način svih šest stranica kocke (projektnih ravni) obaraju se sve dotle dok se ne dovedu u jednu ravan, zadnju vertikalnu ravan V, koja se nalazi u sredini (slika 7.0.1).



Sl. 7.0.1. Ortogonalne projekcijske ravni

Neomeđene zamišljene ravnine projekcija dijele prostor na osam dijelova koji se zovu oktanti slika 7.0.2. Ravnine projekcija sijeku se u osima x, y, z koje idu ishodištem O i međusobno su okomite .



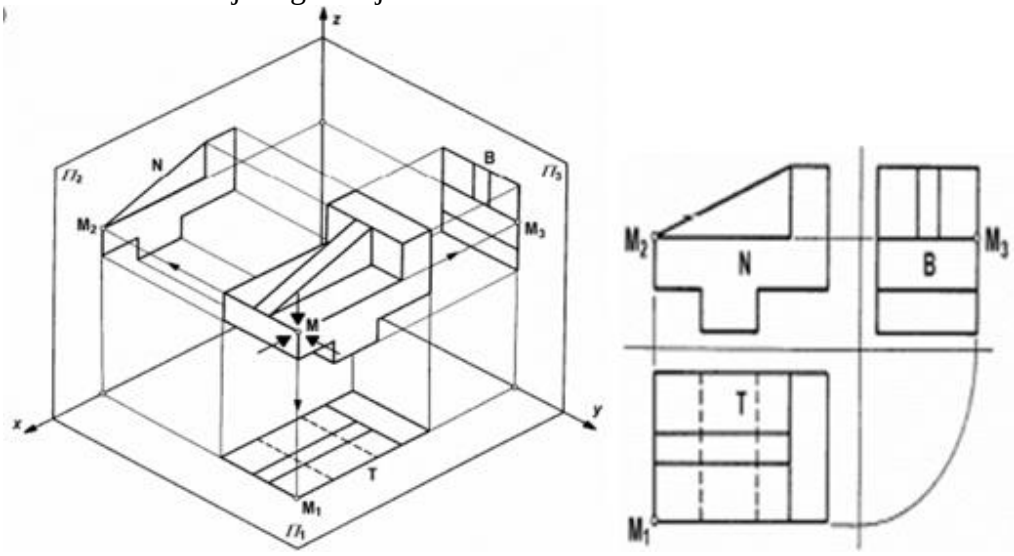
Sl.7.0.2. Oktanti

7.1. POSTUPAK DOBIJANJA ORTOGONALNOG CRTEŽA

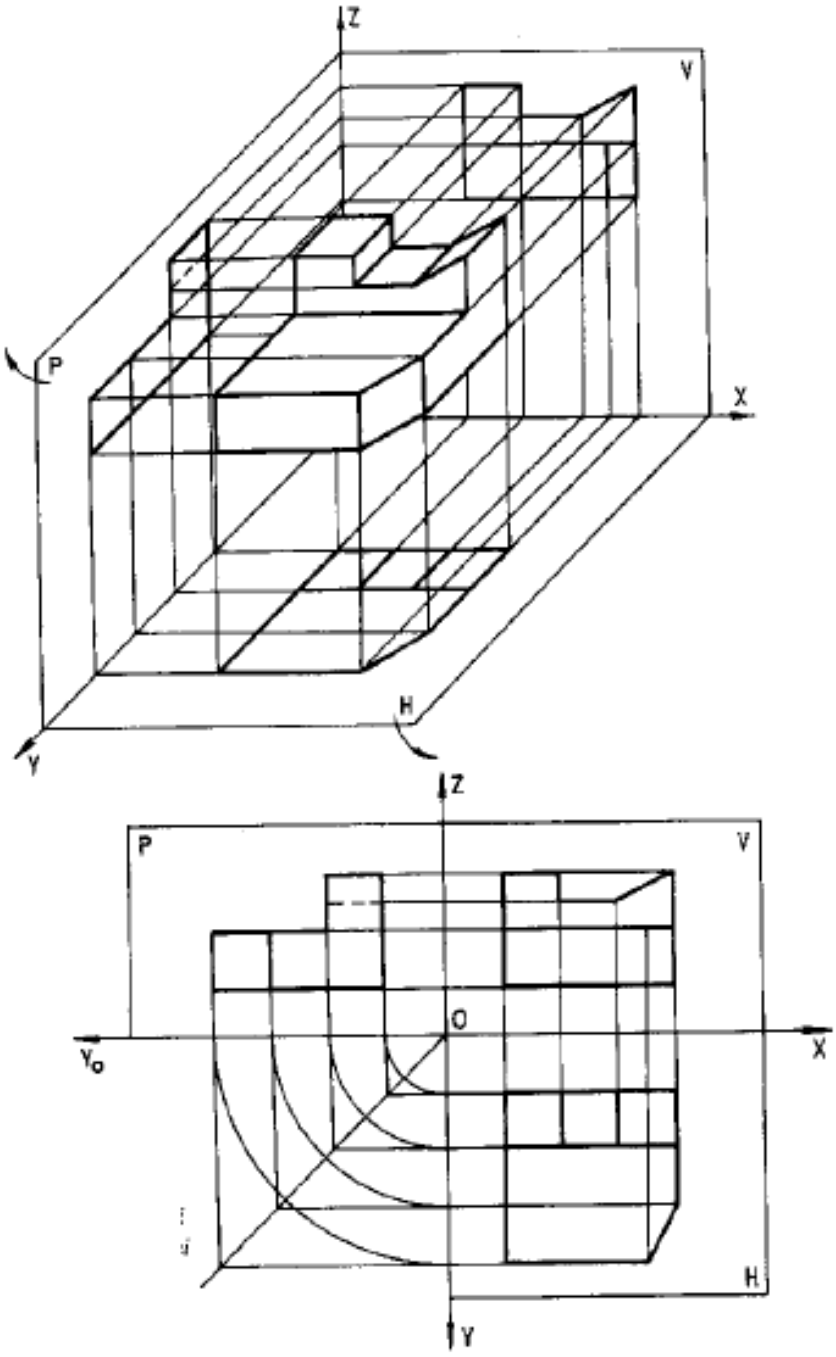
Ortogonalne projekcije (ortogonalni pogledi) dobijaju se korišćenjem međusobno paralelnih projektnih zraka koji su normalni na projektne ravni. Postupak dobijanja ortogonalnih pogleda prikazan je na slici 7.1.1. i zasniva se na principima nacrtne geometrije.

1. Osnovna pravila ortogonalne projekcije

- predmet se nalazi između ravni crtanja i crtača
- izvodnice projiciranja su normalne na ravan crtanja crtanja
- u projekciji se crta samo onaj dio predmeta koji se vidi u smjeru gledanja



Sl.7.1.1. Ortogonalni pogled predmeta



Sl.7.1.1. Ortogonalni pogled predmeta

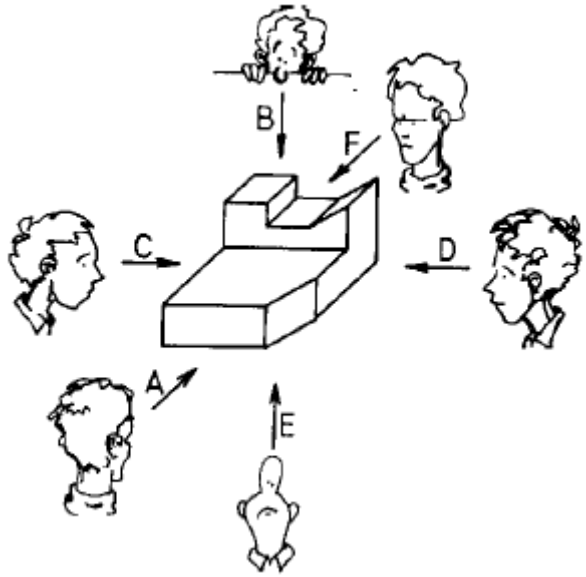
Projektni zraci obuhvataju predmet i gde probijaju projektne ravni daju tačke čijim spajanjem se dobijaju pogledi. Korišćenjem projektnih zraka

koji su normalni na vertikalnu, horizontalnu i profilnu ravan dobijaju se tri osnovna pogleda. Svaki pogled predstavlja izgled predmeta samo sa jedne strane i to posmatrano normalno na tu stranu. Vidljive ivice i konture predmeta crtaju se debelom punom linijom (tip A), a nevidljive isprekidanom linijom (tip E ili F). Da bi se ortogonalni pogledi nalazili u jednoj ravni, obaraju se horizontalne i profilne projektne ravni za 900 oko ose X i Z, tako da se poklope sa vertikalnom ravni. Sa projektnim ravnima obaraju se i ortogonalni pogledi, kao i projektni zraci.
Delovi projektnih zrk između projekcij nzivaaju se sponama. Spone koje su prave, bilo vertikalne ili horizontalne nazivju se direktnim sponama. Direktne spone spajaju poglede na horizontalnoj i vertikalnoj rvni. Izlomljene spone su one koje spjaju poglede na horizontaalnoj i profilnoj ravni i nazivaju se indirektnim sponama.
Prtogonalni crtež se dobija kada se zadrže samo ortogonalni pogledi, a sve ostlo se izbriše (projektne rvni, spone, ose). Zaavisno od vrste crteža i od toga gde se koristi, na ove poglede se crtaju kote, oznake za kvlitet obrađenih površina, tolerancije itd.

7.2. RASPORED PROJEKCIJA(POGLEDA)

Za svaki predmet može se nacrtati šest osnovnih ortogonlnih projekcija (pogleda). Pogledi se raspoređuju na različite načine. U praksi se koristi:
1. Evropski raspored projekcija
2. Američki raspored projekcija.

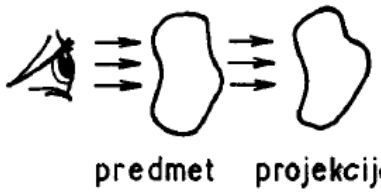
Osim ova dva načina rasporeda projekcija, u izuzetnim prilikama može se koristiti i proizvoljan raspored. Takav raspored projekcija, međutim veoma je nepovoljn za one koji čitaju crtež i treba ga izbegavati.
Bez obzira na to koji se raspored projekcija koristi predmet se pri crtanju posmatra kao što je prikazano na slici 7.2.1. Predmet crtanja postavi se u odabrani položj u odnosu na projektne ravni i više se ne pomera. Pomera se crtač i nalazi se u šest raznih položaja, od A do F.

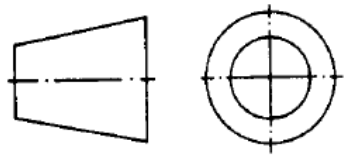


Sl.7.2.1. Posmatranje predmeta pri crtanju

1. Evropski raspored projekcija.

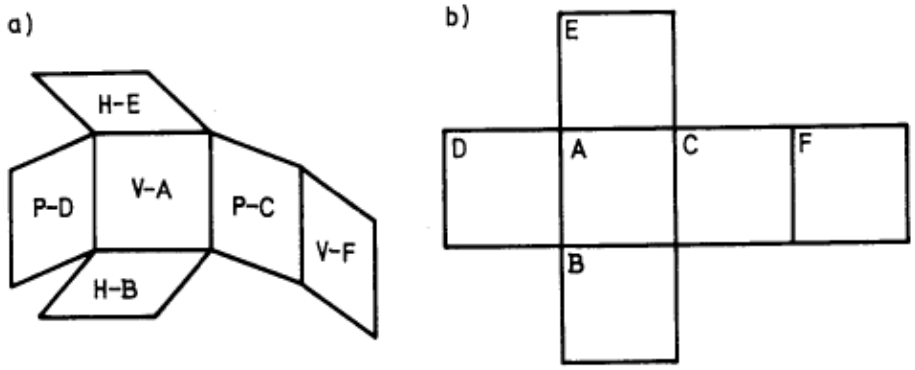
Kod Evropskog rasporeda projekcija, dobijene projekcije se obaraju u smeru posmatranja, znači suprotno od posmatrača, tako da se predmet crtanja nalazi u sredini, između oka crtača i dobijene projekcije(slika 7.2.2.). Oznaka (simbol) za evropski raspored projekcija dat je na slici 7.2.3.





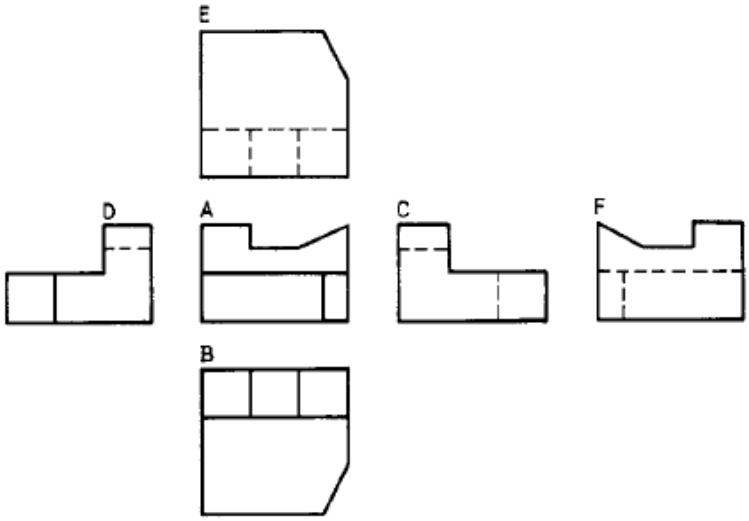
Slika 7.2.2. i 7.2.3. Posmatranje predmeta i raspored projekcija

Pogled spreda je glavni pogled. Dobija se na zadnjoj vertikalnoj ravni V, crta se u sredini i obeležava sa A. Pogled odozgo je ispod A i obeležava se sa D i nalazi se sa leve strane pogleda A. Pogled odozdo je pogled E i crta se iznd A. Pogled od strga označva se sa F i crta se sa desne strne pogled A, a pored C. Raspored osnovnih pogleda nakon potpunog obaranja raavni dat je na slici 7.2.4.



Sl.7.2.4. Raspored projekcija nakon potpunog obaranja ravni

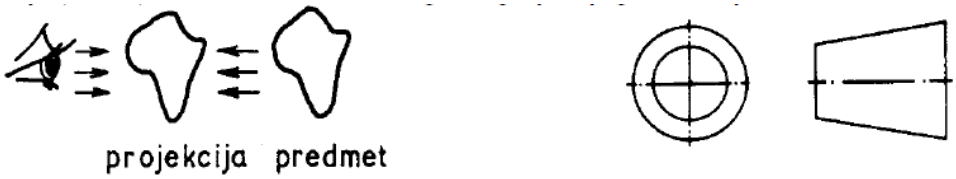
Za predmet na slike 7.2.2. nacrtno je šest ortogonlnih pogleda i rspoređeni su po evropskom rasporedu (slika 7.2.5.). Ako se ovakvi crteži koriste na američkom ili nekom drugom tržištu, tada se oznak za evropski raaspored projekcije nalzi na crtežu, obično iznd zaglavlj za crtež. Cela oznaka se crta linijom tipa B, na površini veličine oko 1,5 cm^2.



Sl 7.2.5. Ortogonalni pogled u šest projekcija po evropskom sistemu

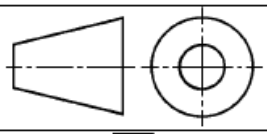
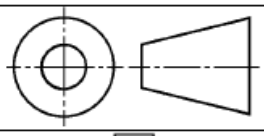
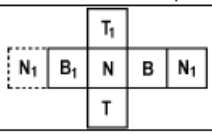
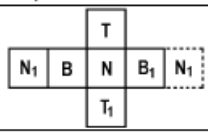
2. Američki raspored projekcija

Kod Američkog rsporedaa projekcija dobijene projekcije se obaraju prema crtaču, suprotno od smera posmatranja, tako da se dobijenaa projekcija nalazi u sredini između oka crtača i predmeta crtanja (slika 7.2.6.). Oznaka za američki raspored projekcija prikazana je na slici 7.2.7.

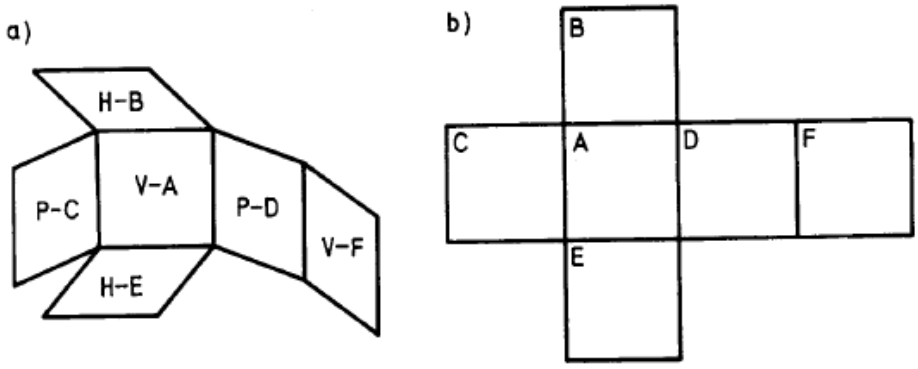


Sl. 7.2.6. i 7.2.7.. Američki način pogleda i raspored projekcija

Tabela 7.2.1. Uporedni odnos projeciranja

Značajka	Metoda projiciranja 1. kvadranta	Metoda projiciranja 3. kvadranta
Simbol na crežima		
Raspored projekcija		

Glvni pogled, takođe se obeležava sa A, nalazi se na zadnjoj vertikalnoj ravni u sredini, kao i kod evropskog rasopreda projekcija. Pogled odozgo B nalazi se iznad, a pogled odozdo E ispod pogleda A. Pogled sa leve strane C je na levoj, a sa desne strane D na desnoj strani pogleda A. Pogled od straga je desno od pogleda A, a pored D. U odnosu na evropski, kod američkog rasporeda zamenjena su mesta pogledima B i E i C i D. Raspored pogleda nakon obaranja projektnih rvni dat je na slici 7.2.8..
Ako se crteži s američkim rasporedom projekcija koriste na evropskom ili drugom tržištu, tada se oznka za merički raspored projekcije crta na crtežu, iznad zaglavlja za crtež.



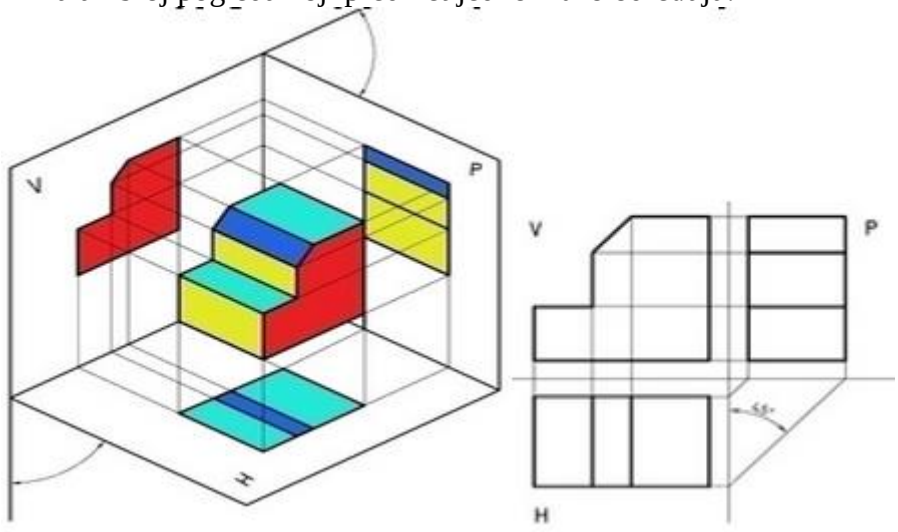
Sl.7.2.8. Raspored pogleda nakon obaranja projektnih rvni

7.3. POVEZANOST ORTOGONALNIH PROJEKCIJA

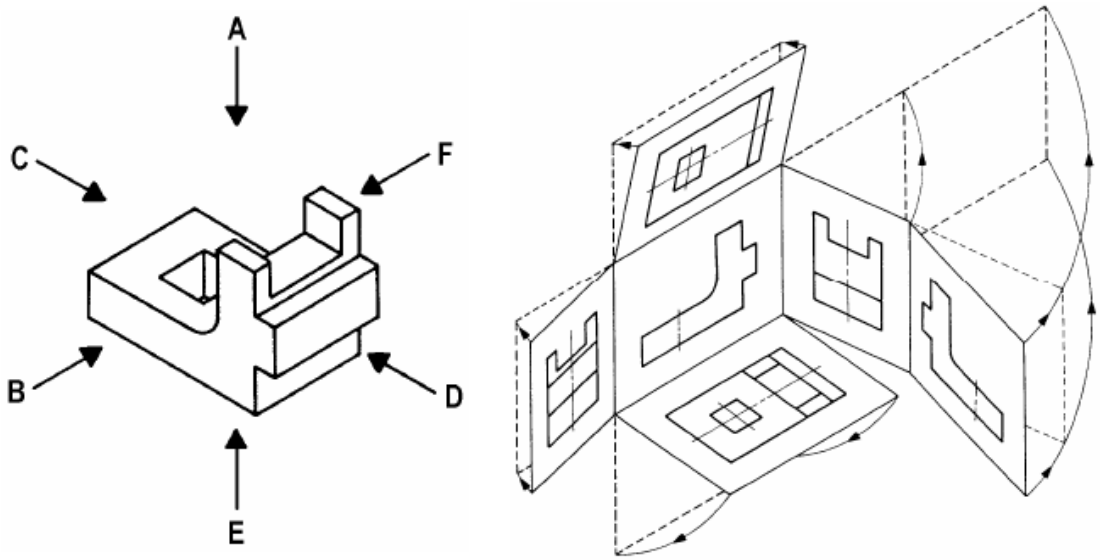
Ortogonalni pogledi (projekcije) su međusobno povezani projektnim zracima, odnosno sponama. Pogledi A, b i E su povezani vertikalnim sponama, pogledi A, C, D i F horizontalnim, a pogledi D, B; D, E; C, B; C, E sa izlomljenim sponama. Primer povezanosti ortogonalnih pogleda dat je na sl? gde su pogledi raspoređeni po evropskom rasporedu. Glavni pogled A nalazi se u sredini. Ispod se nalazi pogled B. Svaka tačka, ivica i površina predmeta na ovim i svim ostaalim pogledima, mora biti u preseku vertikalne, horizontalne i izlomljene spone. Ako se uoči, npr. pravougaona tačkasta površina predmeta na pogledu B, praćenjem njenih spona vidi se da se ona različito projektuje na pojedinim pogledima. Na pogledima A, C i D projektuje se kao linija, pošto je ta površina paralelna sa H, a normalna na P i V ravan. Projekcije ove površine, kao i svih ostalih, moraju biti u preseku zajedničkih vertikalnih, horizontalnih i izlomljenih spona.

7.4. DOVOLJAN BROJ PROJEKCIJA

Ortogonalni pogledi B i E, zatim C i D, kao A i F su međusobno slični, odnosno ponvljaju se sa malim razlikama u vidljivosti linija, što se može viideti na slici 7.4.1. Prema tome nije ni potrebno crtati svih šest pogleda, kao na slici 7.4.1/a. Ma kako delovi mašina koje crtamo, bili složenih konstruktivnih oblika, ne zahtevaju crtanje svih šest pogleda. Dovoljna su tri, dva ili jedan pogled, zavisno od složenosti predmeta. Treba nacrtati minimalan broj pogleda koji predmet jednoznčno određuju.



Sl.7.4.1. Prikazivanje broja projekcija neophodno za tehničko razumjevanje

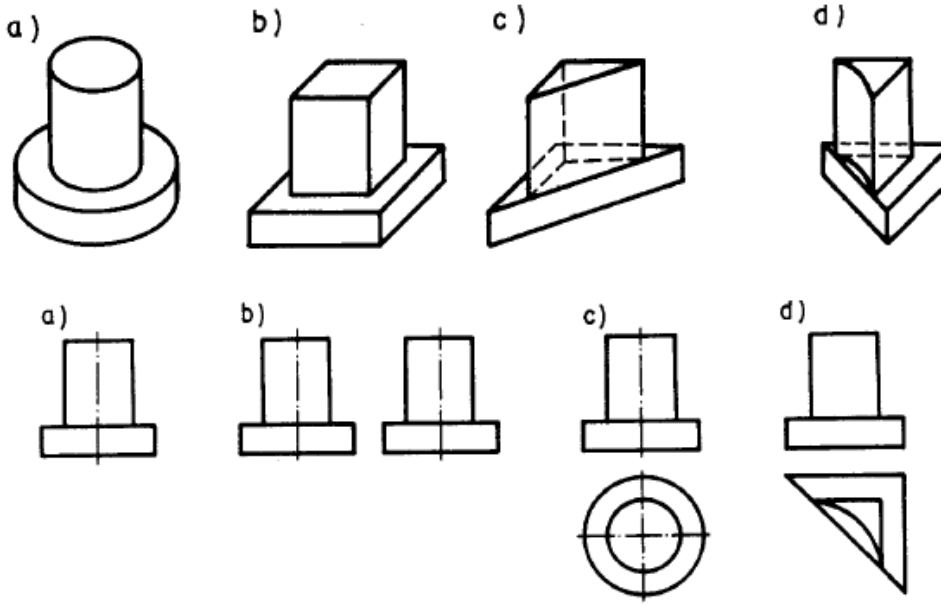


Sl. 7.4.1/a. Prikazivanje svi šest projekcija

Uvek se prvo crta glvni pogled, pogled A. ko predmet s pogledom A nije potpuno definisan, tada se uz pogled A crta još i pogled B ili C ili D. Ako nisu dovoljna dva pogleda (A i jedan od B, C, D) crta se treći koji može biti neki od preostalih iz grupe B, C ili D. Kombinaciju pogleda A sa E treba izbegavati, pošto se isto to može postići sa A i B. Pogled F se nikad ne crta. Ortogonalni crtež se može nacrtati sa sledećim mogućnostima pogleda.

Ne može se nacrtati crtež sa pogledima koji se ponavljaju npr. A sa F, jer se u tom slučaju ne bi mogla dati treća dimenzija predmeta i predmet ne bi bio potpuno definisan. Iz istih razloga se ne mogu koristiti kombinacije pogled B saa E i C sa D. Ne može se nacrtati crtež sa pogledima D, A i C. Pogledi C i D su isti sa razlikama u vidljivosti linija i ovakav crtež bi bio neracionalan. Ne može se nacrtati ni crtež sa pogledima D i B. Ovakav crtež bi se teško čitao pošto pogledi nisu povezani direktnim, već izlomljenim sponama.

Postupak izbora minimalnog broja pogleda (karkterističnog broja pogleda) dat je za predmete sa slike 7.4.2.. i tabeli 7.4.1.



Sl. 7.4.2. Izbor minimalnog broja projekcija

Tabela 7.4.1. Izbor broja projekcija prostih tijela

Temeljni oblik tijela	Ortogonalna projekcija			
	Tri projekcije		Potreban broj projekcija	
kocka				
prizma				
piramida				
krnja piramida				

Temeljni oblik tijela	Ortogonalna projekcija			
	Tri projekcije		Potreban broj projekcija	
valjak				
stožac				
krnji stožac				
kugla				Sø

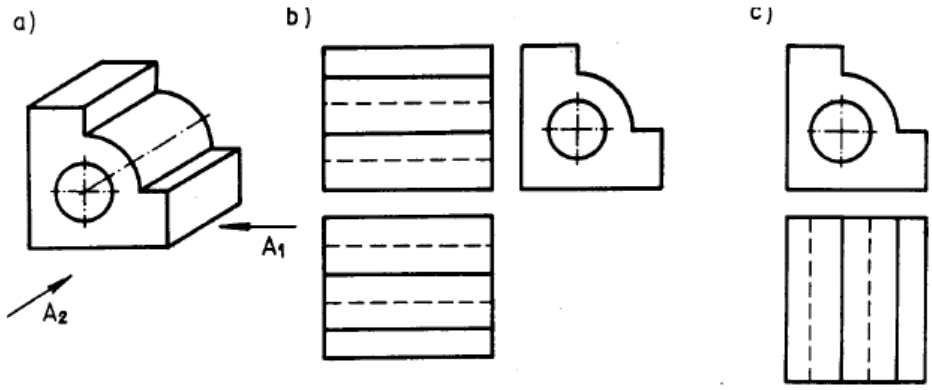
Ako se za prvi predmet naznačen sa a) nacrta samo pogled spreda-A, vidi se da je taj pogled isti za sve različite predmete sa slike.. Znači da u ovom slučaju nije dovoljaan samo pogled A, jer ne definiše jednoznačno prvi predmet. Ako se uz pogled A nacrta i pogled C i D, situacija je ponovo ista, pošto su i ova dva pogleda ista za sva četiri različita predmeta. Da bi se bilo koji od četiri predmeta jednoznačno definisao uz ova dva pogleda trebalo bi nacrtati i pogled odozgo B. Tek sa kombinacijom od ta tri pogleda predmeti bi bili jednoznačno definisani. Međutim, ako se usvoji da se uz pogled A nacrta pogled B, tada je to dovoljno da se predmeti jednoznačno definišu. Na tj način (izborom pogleda) smanjuje se broj potrebnih pogleda na minimalan, što je bitno, pošto je izrada tehničke dokumentcije skupa, jer zahteva puno vremena. Treba crtati samo neophodan, minimalan broj pogled. Odgovaarjućim kotiraanjem za prva dva predneta sa slike 12 bio bi dovoljan samo jedan pogled, glavni **A.**
Krajnje merilo izbora minimalno potrebnog broja pogleda su kote (dimenzije), o čemu će biti reči kasnije.

7.5. OSOBINE GLAVNOG POGLEDA

Glavni pogled je važan pogled, pošto su njegovim izborom određeni svi ostali pogledi. Pri izboru glavnog pogleda A, odnosno pri izboru položaja predmeta za glavni pogled, treba se rukovoditi sledećim:

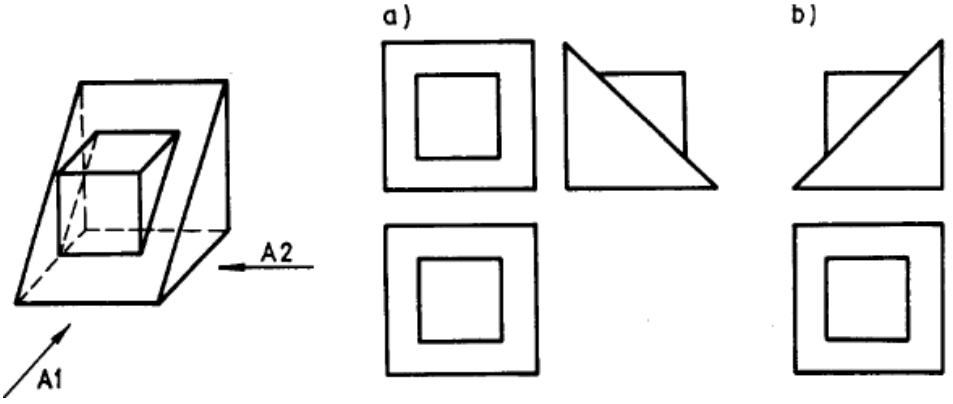
- da taj pogled najviše i najjasnije pokazuje predmet,
- da njegovim izborom najviše površina predmeta bude paralelno, odnosno normalno na projektne ravni,
- da se maksimalno smanji broj potrebnih pogleda,
- da se što više, koliko je to moguće, smanji broj nevidljivih linija predmet,
- da se olakša crtanje i čitanje takvog crteža i
- da u ovom pogledu predmet stoji u funkcionalnom položju, ako je to bitno ili u položaju izrade predmeta.

Ako se za predmet sa slike 7.5.1.a) izabere kao glavni pogled u smeru strelice A1, tada je potrebno nacrtati tri pogleda A, B i C(slika 7.5.1.b). Međutim, ako se za glavni usvoji pogled u smeru A2, tada su potrebna samo dva pogleda A i B(slika 7.5.1.c). Ovakav izbor je u skladu sa osbinama glavnog pogleda.



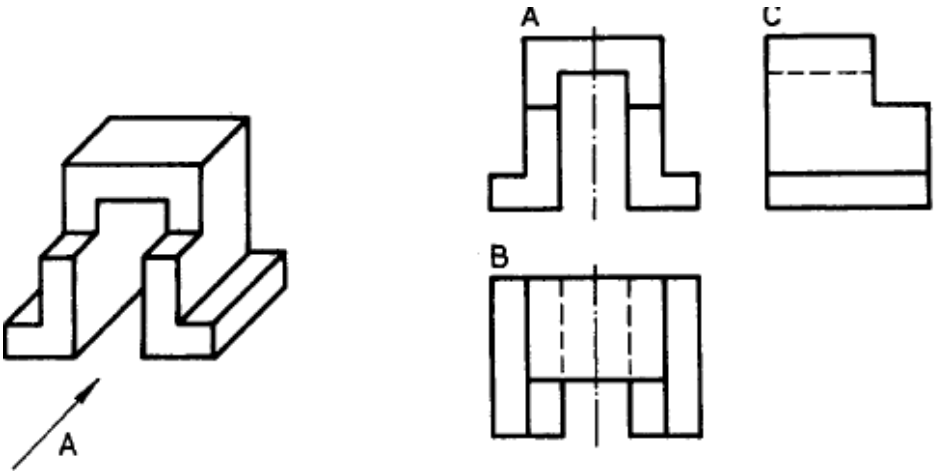
Sl. 7.5.1. Izbor glavnog pogleda

Još jedan primer izbora glavnog pogleda dat je za predmet na slici 7.5.2. Ako se usvoji kao glavni pogled u pravcu A1, potrebna su tri pogleda, a ako se usvoji u pravcu Aa, potrebna su dva pogleda.



Sl. 7.5.2. Izbor glavnog pogleda

Za predmet na slici 7.5.3. nacrtana su tri pogleda A, B i C. Predmet je jednoznačno definisan samo sa pogledima A i B i ne bi se morao crtati pogled C. Međutim, sa ova dva pogleda crtež bi se teže pročitao. Ovaj predmet može se definisati sa kombinacijom pogleda A i C, što ne bi stvaralo teškoće pri čitanju. Znači, za ovaj predmet treba nacrtati pogled A i C ili A i D.

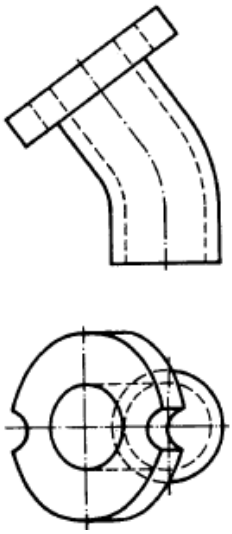


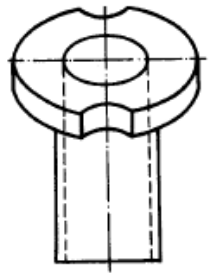
Sl.7.5.3. Izbor tri pogleda

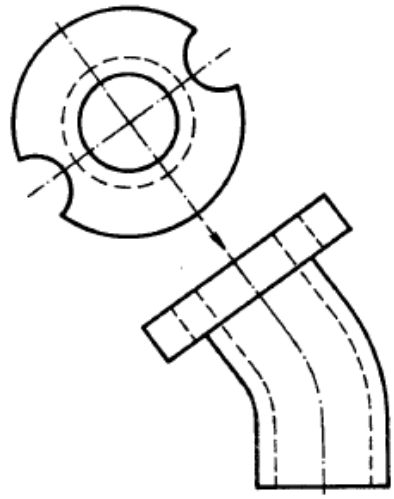
7.6. SPECIJALNI ORTOGONALNI POGLEDI

Površine predmeta koje stoje pod nekim proizvoljnim uglom u odnosu na projektne ravni (kose površine) projektuju se u svih šest ortogonalnih pogleda deformisano, što je vrlo nepovoljno i za crtanje i za čitanje ortogonalnog crteža.

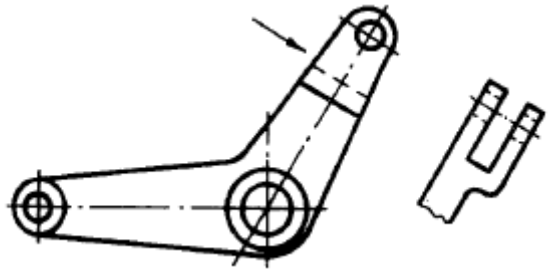
Za takve predmete crtaju se specijalni ortogonalni pogledi. Dobijaju se tako što se postavljaju nove projektne ravni koje su paralelne sa kosim površinama predmeta. Dobijene ortogonalne projekcije na tim projektnim ravnima daju nedeformisane slike tih kosih površina predmeta. Za predmet na slici 7.6.1. nacrtan je specijalni ortogonalni pogled na ravni koja je paralelna sa gornjom kosom površinom(slika 7.6.2..). Dobijena projekcija može da se obara na jednu ili drugu stranu od pravca posmatranja, zavisno od prostora na crtežu, što se označava strelicom (slika 7.6.3.). Pri tome se crta samo ta kosa površina, bez ostalih delova predmeta.







Sl.7.6.1. Specijalni ortogonalni pgled, Sl.7.6.2. Specijalni kosi ortogonalni pogled

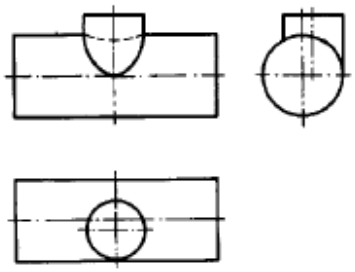


Sl.7.6.3. Ortogonalno obaranje projekcije

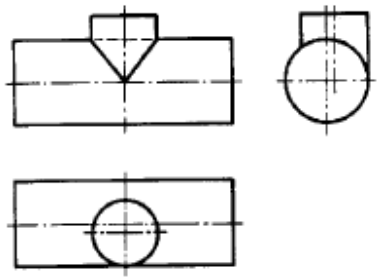
7.7. UPROŠĆENJA KOD ORTOGONALNIH CREŽA

Pri crtanju ortogonalnih crteža koriste se neka uprošćenja radi bržeg i racionalnijeg crtanja. Uprošćenja ne smeju ići n uštrb jsnoće crteža. Standard JUS A.A0.110 propisao je neka od uprošćenja koja se mogu koristiti.

Linije stvarnog geometrijskog prodora crtaju se punom debelom linijom (tipa A) ako su vidljive ili isprekidanim linijama ako su nevidljive (slika 7.7.1.). Stvarna linija prodora dva valjka datih prečnika je kriva linija. Međutim, zbog bržeg crtanja, može se uprošćeno nacrtati tako da je taj prodor prava linija (slika 7.7.2.)

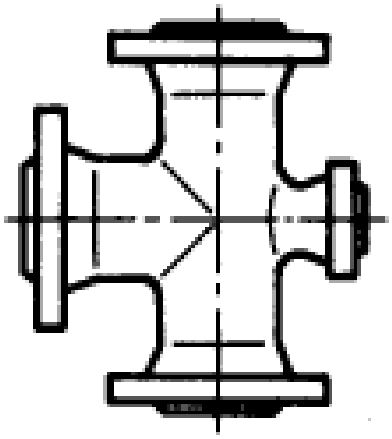


Sl. 7.7.1.



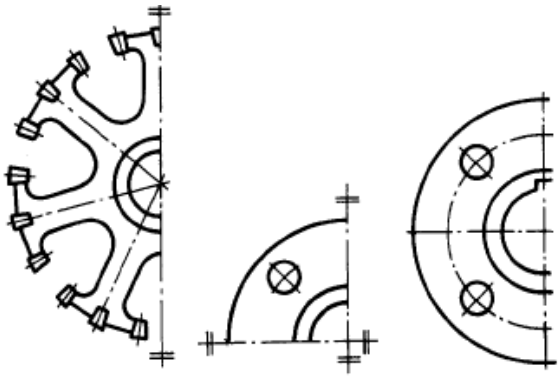
Sl.7.7.2.

Linije imaginarnih prodora, ako što su zaobljeni uglovi i blagi konturni prelazi, crtaju se punom tankom linijom (tipa B) koja ne dodiruje konture kao na slici 7.7.3.. Može biti kriva, kako stvarno izgleda ili uprošćeno, prava linija.

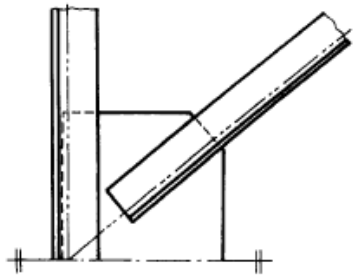


Sl,7.7.3. Slika linija imaginarnih prodora

Potpuno simetrični delovi uprošćeno se mogu nacrtati tako da se crta samo polovina ili čak četvrina (slika 7.7.4.). Tada na osnim linijama stoje dve krtke paralelne tanke linije pod uglom od 90°na simetralnu liniju. Druga mogućnost za oznaku ovog uprošćenja je ta, da se malo produže konture preko simetrlne linije. Po istom principu, uprošćeno, mogu se crtati i neokrugli delovi (slika 7.7.5.).

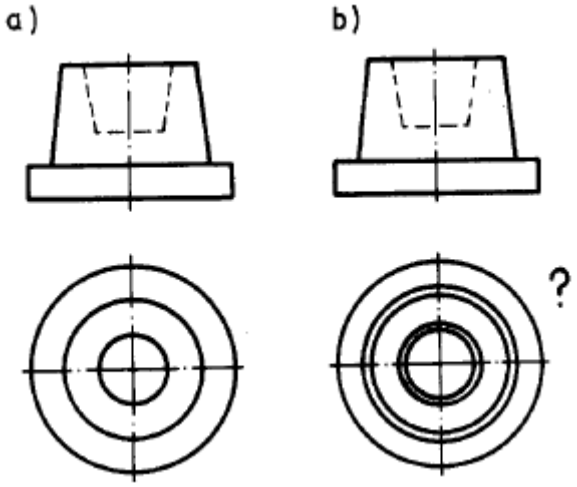


Sl.7.7.4..



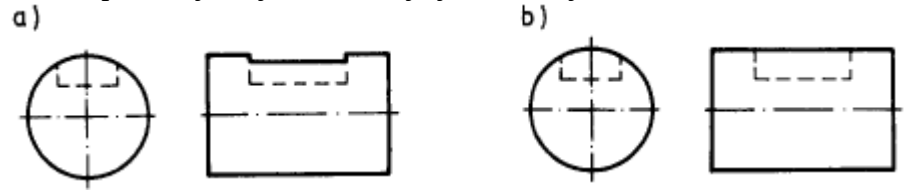
Sl.7.7.5.

Cratnje blagih koničnih površinaa uprošćava se tako što se ne crtju sve konture. Ne crtju se one koje su blizu jedna drugoj, bliže od 0,7 mm (slika7. 7.6.). Koja će se kontura crtati, a koja ne, zavisi od površina. Treba nacrtti one koje imju veći funkcionlani značaj



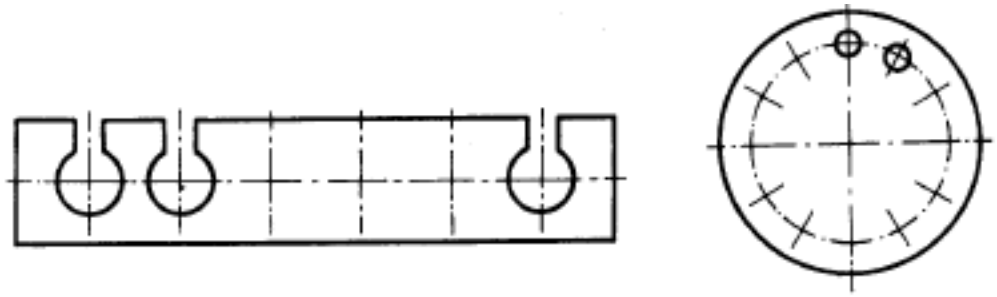
SL.7.7.6. Uprošćeno crtanje blagih koničnih površina

Uprošćenja se mogu koristiti i u prilikama kao na slici 7.7.7, kada odstupanje od pravila projiciranja (nacrtne geometrije) ne dovodi do zabune rpi čitanju, a jednostavnije je za crtanje.



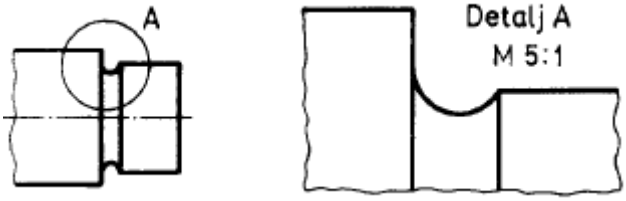
Sl.7.7.7. Uprošćeno crtanje

Kada se isti detalji predmeta ponavljaju, takođe se crta uprošćeno. Nacrta se prvi i poslednji isti detalj, dok se ostali samo predstave osnom linijom kao na slici 7.7.8.



Sl.7.7.8. Uprošćeno crtanje

Ukoliko predmet ima sitnih detalja koji se ne mogu kotirati, crtaju se uvećano kako je to prikazano na slici 7.7.9. Sitan detalj predmeta se zaokruži tankom linijom tipa B i označi identifikacionom oznakom, npr. A. Na istom crtežu, gde ima mesta, crta se uvećan detalj sa identifikacionom oznakom i razmerom.



Sl.7.7.9. Prikaz sitnih detalja

Svi delovi od providnog materijala crtaju se kao da su neprovidni. Boje na tehničkim konstrukcionim crtežima se ne primenjuju. Mogu se koristiti u ostaloj tehničkoj dokumentaciji, s tim da se njihovo korišćenje precizno označi.

7.8. PREDNOSTI I NEDOSTACI ORTOGONALNOG CRTEŽA

Zbog niza prednosti ortogonalni crtež je osnovni crtež u tehnici. Te prednosti su sledeće:

- Lako i brzo se crta;
- Predmet na ortogonalnom crtežu je precizno jasan;
- Površine predmeta se na crtežu vide nedeformisane;
- Pogodan je za crtanje i najsloženijih predmeta i sklopova i

- Pogodan je za označavanje svih parametara bitnih za izradu i funkcionisanje (kote, tolerancije, kvalitet obrade itd.) predmeta.

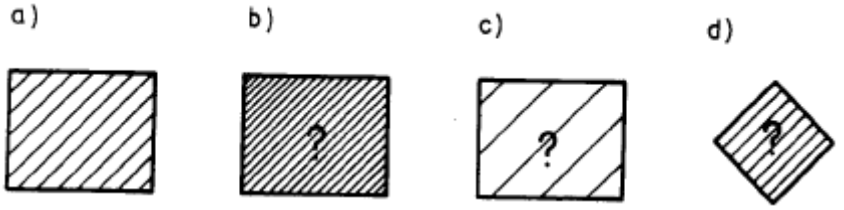
Nedostatak ortogonalnog crteža je taj što nije jasan laiku.

8.0. PRESECI NA ORTOGONALNOM CRTEŽU

Sve zaklonjene (nevidljive) ivice i konture predmeta na ortogonalnom crtežu crtaju se na svim pogledima. Međutim, nevidljive konture se ne mogu kotirati niti se na njih mogu stavljati druge oznake potrebne za izradu predmea, kao npr. oznake za tolerancije, kvalitet izrade površina itd.
Da bi unutrašnji (zaklonjeni) detalji predmeta postali vidljivi, predmet se, zamišljeno odseca i deo predmeta koji je smetao da se unutrašnjost vidi, zamišljeno se odstarni pre crtanja. Da bi se dalo do znanja da predmet nije stvarno, već zamišljeno (imaginarno) odsečen, deo predmeta koji je došao u dodir sa ravni sečenja se šrafira. Šrafuru čine međusobno paralelne tanke linije tipa B, pvenstveno pod uglom od 45o ili 135°. Ako su konturne linije pod uglm od 45° u odnosu na horizontalnu liniju, tada su šrafurne linije pod uglom od 30°, 150°, 90° ili 0° (slika 8.0.1). Šrafurne linije ne mogu biti paralelne sa konturnim. Nagib i rastojanje između linija šrafure treba da su isti na jednom predmetu u svim projekcijama. Rastojanje ne sme biti suviše malo, pa da se šrafirana površina zatamni, niti suviše veliko, pa da ne liči na šrafuru slika 8.0.2..



Sl.8.0.1 Šrafure presjeka pod uglom



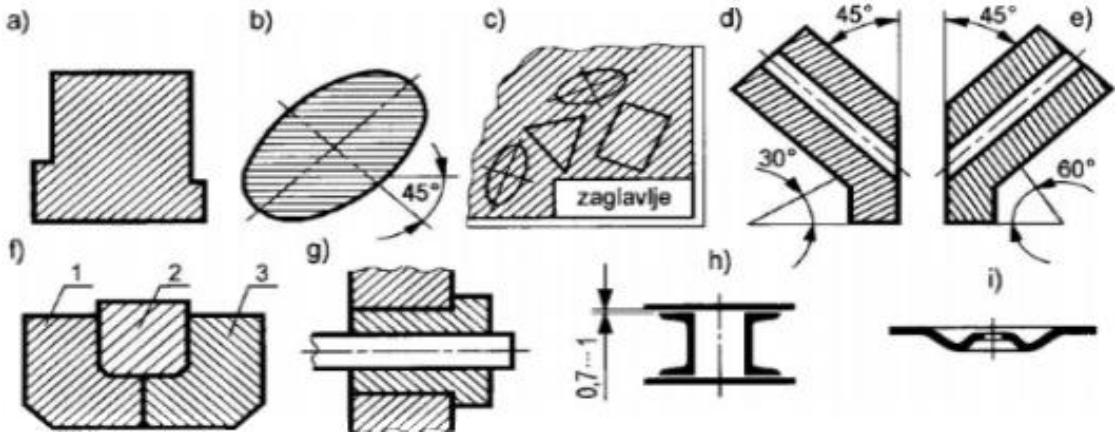
Sl.8.0.2 Ostojanje šrafura presjeka

Zamišljeno odsecanje predmeta može biti izvedeno na razne načine sa različitim ravnima odsecanja, tako da se preseci vide u svim projekcijama. Ravni odsecanja se označavaju velikim slovima latinice A, B, C... Kada se tragovi ravni odsecanja poklope sa simetralnim linijama predmeta, onda se

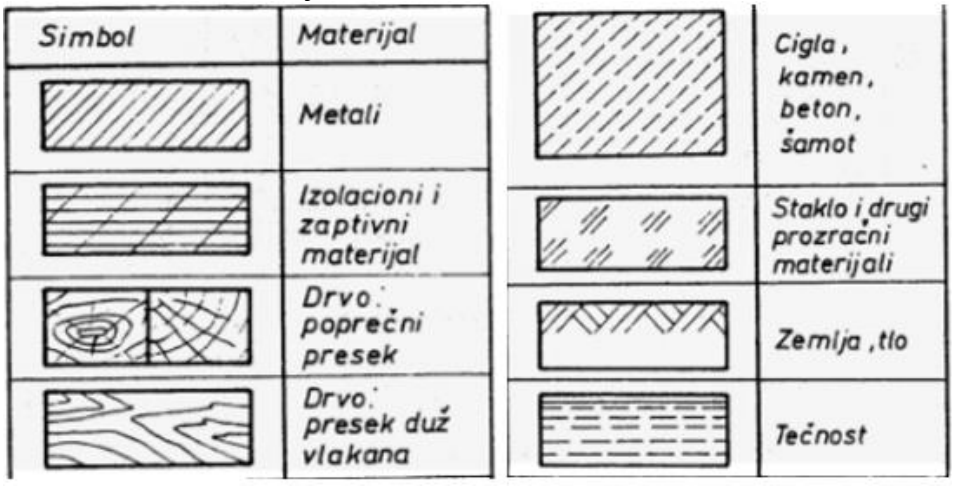
ne označavaju. Ako tragovi ravni nisu na simetralnim linijama predmeta, tada se označavaju linijama tipa H, C ili D, zavisno od vrste sečenja.

1. **Osnovna pravila šrafiranja**

- šrafura pod 45° u odnosu na osnovni brid
- šrafura pod 45° u odnosu na simetralu
- šrafura pod 45° u odnosu na obris
- izuzetno šrafura pod 30° za bridove pod 45° ili
- izuzetan slučaj kad šrafura pod 60° za bridove pod 45°
- način šrafiranja više graničnih presjeka
- način šrafiranja velikih površina presjeka
- način šrafiranja uskih površina presjeka



Zavisno od vrste materijala koriste se različiti oblici šrafure, slika 8.0.2/a



Sl.8.0.2/a Šrafure zavisno od materijala

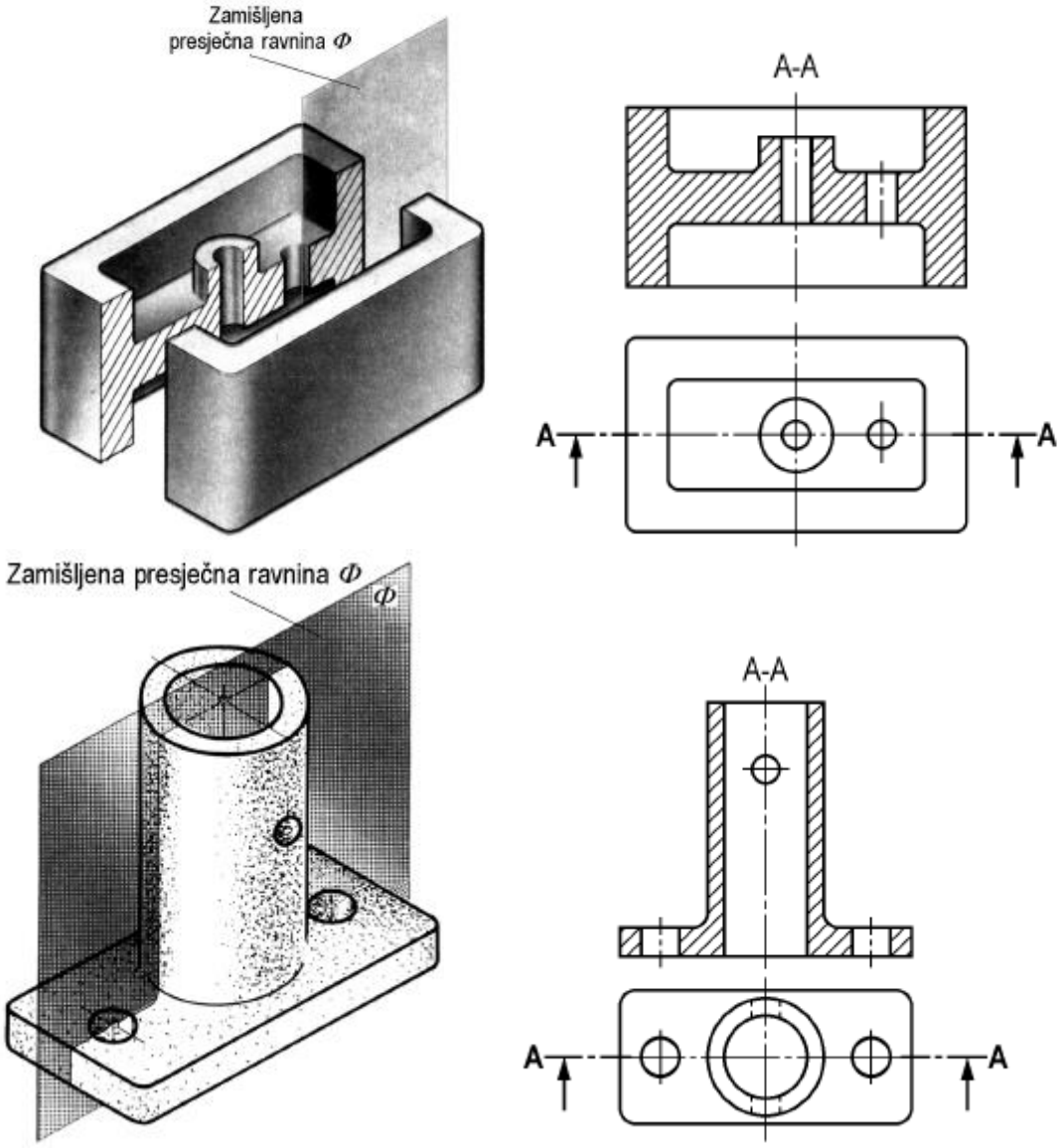
2. Vrste preseka

Zavisno od načina odsecanja predmeta postoje sledeći preseci:

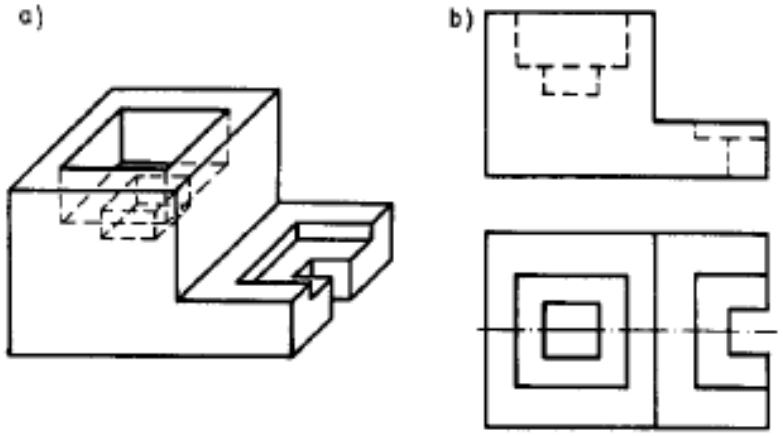
- potpun uzdužni,
- poprečni,
- polovičan (četvrt),
- delimičan,
- kombinovan četvrt i delimičan,
- stepenast (izlomljen),
- zarotiran,
- okrenut (zaokrenut),
- mestimičan (razrez) i
- kombinovani presek.

3. Potpun uzdužni presek

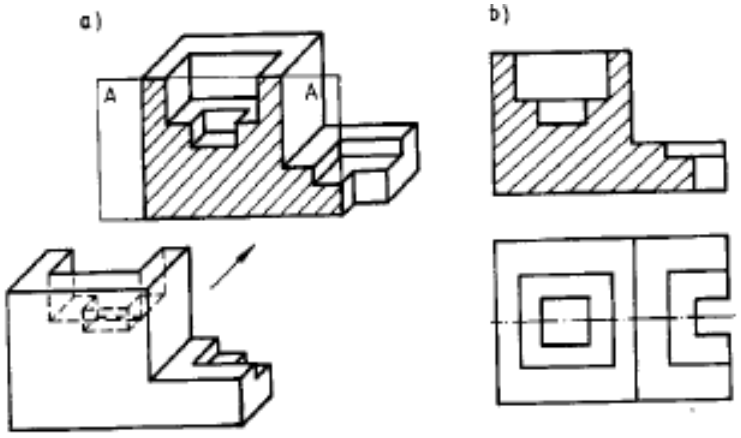
Ako se predmet na slici 8.0.3, a nacrta bez preseka, unutrašnji detalji predmeta na glavnom pogledu se ne vide i crtaju se isprekidanom linijom. Ovi detalji se ne bi videli niti u pogledu sa strane, odnosno crali bi se isprekidanom linijom i dubina unutrašnjih se ne može kotirati, pošto se isprekidane linije ne kotiraju. Zbog toga se zamišljeno predmet potpuno preseče na pola sa ravni A-A, koja je paralelna sa vertikalnom projektnom ravni po dužoj simetralnoj liniji (slika 8.0.4,a). Trag ravni odsecanja projektuje se u pogledu odozgo (pogled B) kao linija koja se poklapa sa simetralnom linijom i ne crta se. Dobijeni presek se vidi u glavnom pogledu (slika 8.0.4,b.). Razlika glavnog pogleda bez i sa presekom je u tome što su nevidljive linije postale vidljive, a pogled B je ostao isti i sa i bez preseka. Pošto je sečenje zamišljeno, šrafira se površina predmeta koja je došla u dodir sa ravni sečenja A-A. Potpun poprečni presek koristi se za nesimetrične predmete. Na slici 8.0.3/a prikazano je nastajanje punog uzdužnog preseka.



Sl.8.0.3/a Nastajanje preseka



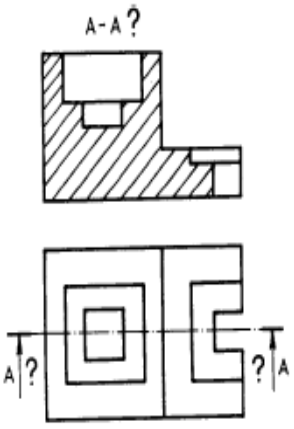
Sl.8.3.

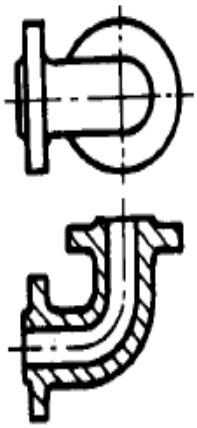


Sl.8.0. 4.

4. Pravila za crtanje preseka

Dio se predmeta (koji se nalazi između promatrača i presečne ravnine) u mislima uklanja, a na ravnini projekcija (crtanja) prikazuje se ono što se nalazi na presečnoj ravnini po svim pravilima ortogonalnog projiciranja.
Pogrešno je kada se kod potpunog uzdužnog preseka označi trag ravni sečenja (slika 8.0.5). Predmet se može zamišljeno seći tako da se potpun presek dobije na pogledu spreda ili odozgo. Primer potpunog uzdužnog preseka koji se vidi u pogledu odozgo prikazan je na slici 8.0.6. Ako je predmet malih debljina, ne šrafira se, već se presečene površine zatamne (slika 8.0.7)

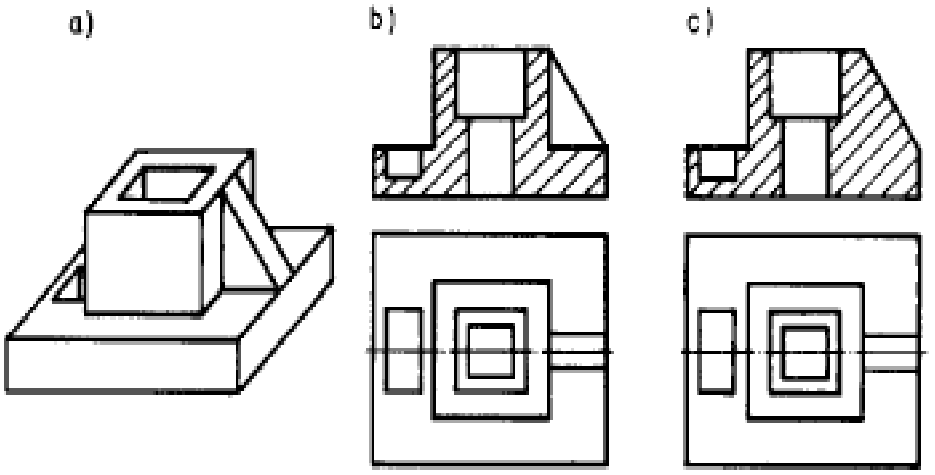






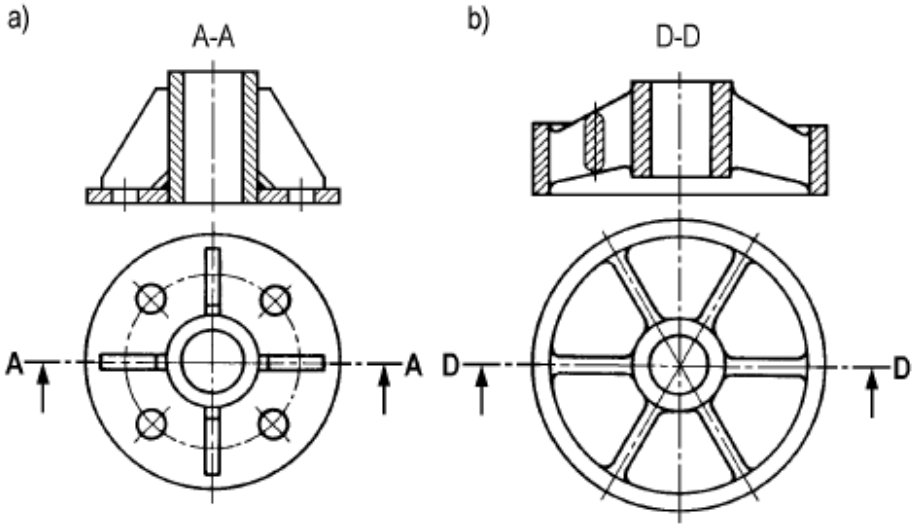
Sl.8.0.5 *Sl.8.0.6.* *Sl.8.0.7.*

Kada se seku tanka rebra, krilca, paoci itd. ne šrafiraju se, tj. preskaču se sa sečenjem. Na slici 8.0.8,a prikazan je predmet u kosoj projekciji, koji je pogodan za potupn uzdužni presek. Krilce koje se nalazi sa desne bočne strane, ne seče se (ne šrafira se), kao što je prikazano na slici 8.0.8,b. Pogrešno nacrtan potpun presek ovog predmeta dat je na slici 8.0.8,c.

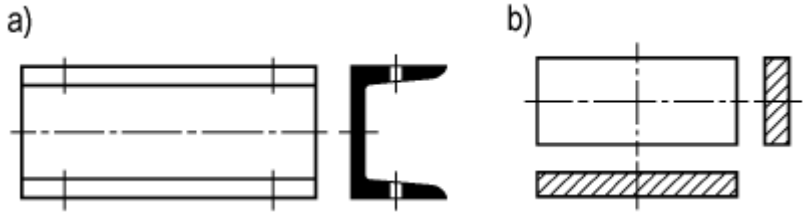


Sl.8.0.8. Način potpunog uzdužni presjek karakterističnih prdmeta

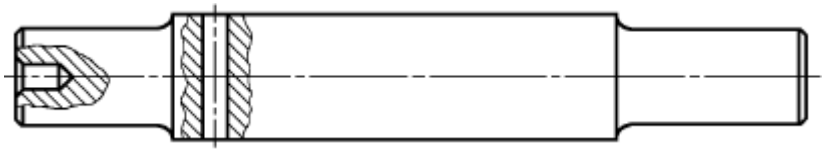
Veliki broj karakterističnih delova nikada se ne seče uzdužno jer takav presek ne bi dao vidljivu ili pravilnu sliku strojnog dela, većse seku samo poprečno (npr. rebra, profili, limovi, svi uloženi delovi, te dugački i vitki dijelovi). Na slikama od 8.0.9. do 8.0.14. prikazani su neki od primera načina punog uzdužnog preseka.



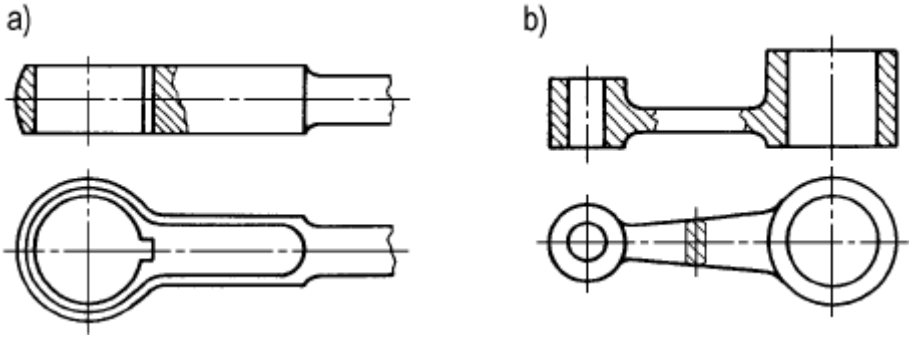
Sl. 8.0.9. Rebra (a) i ramena (paoci) (b) se ne sijeku iako se zamišljena presečna ravnina vodi preko njih



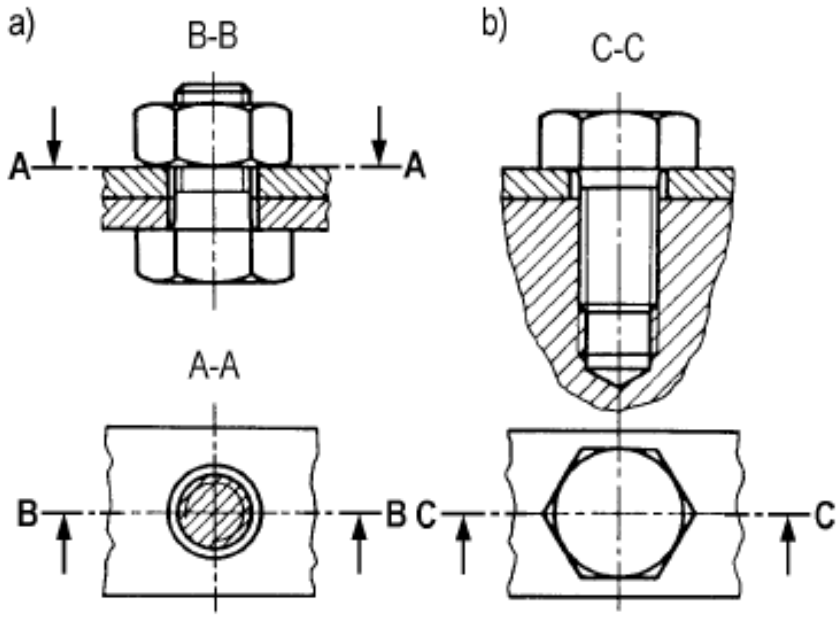
Sl. 8.0.10. Profili i limovi (ploče) ne seku se uzdužno



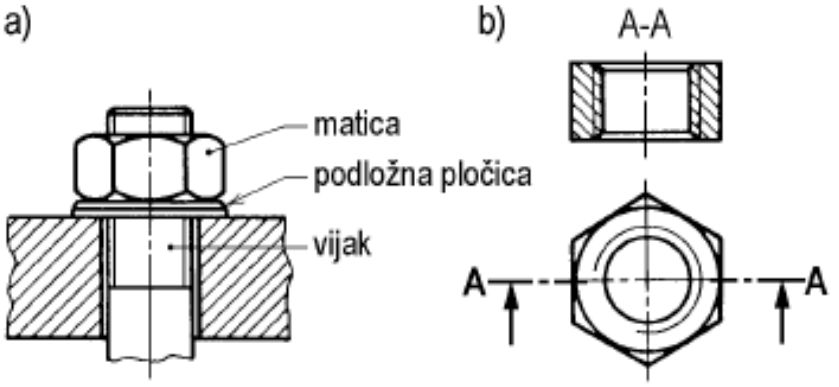
Sl. 8.0.11. Osovine i vratila ne seku se uzdužno



Sl. 8.0.12. Ojnice (a) i poluge (b) ne seku se uzdužno

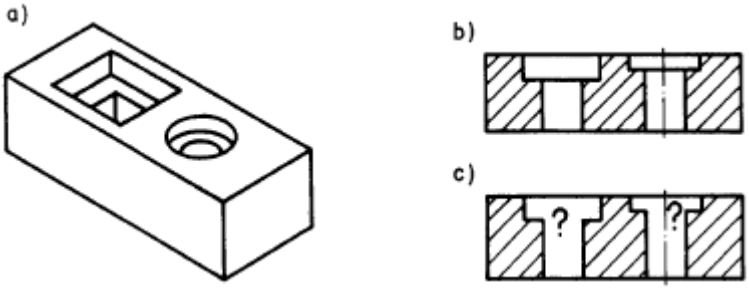


Sl. 8.0.13. Spoj s vijkom i maticom (vijak ne seče se uzdužno, već samo poprečno)



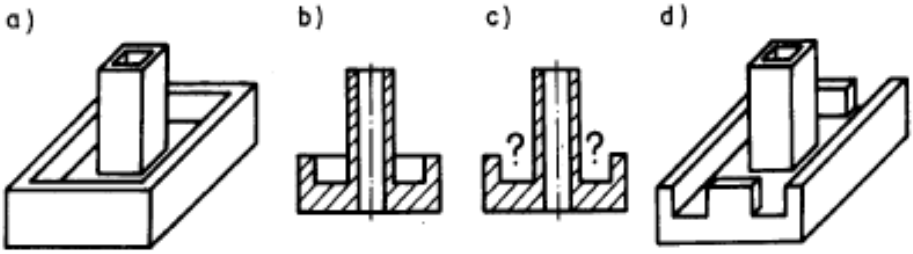
Slika 8.0.14. Matica, podložna pločica i vijak ne seku se (a), a ako se želi prikazati maticu u preseku, tada se presečna ravnina vodi preko užeg dela matice (b)

Pri crtanju preseka prave se "početničke" greške, gde se izostave linije površina koje se nalaze iza ravni sečenja što je prikazano na slici 8.0.15. Za predmet na slici 8.0.15,a pravilno i nepravilno je nacrtan glavni pogled, gde su izostavljene linije kontura iza ravni sečenja.



Sl.8.0.15 Pravila crtanja presjeka

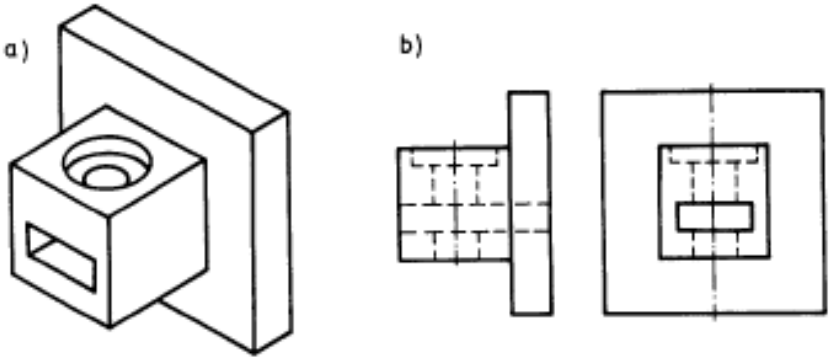
Posledica izostavljanja ovih linija dovodi do pogrešnog čitanja crteža, što je ilustrovano na primeru (slika 8.0.16). Ako se greškom izostave ove linije (slika 8.0.16,c) predmeti će se međusobno razlikovati.



Sl.8.0.16. Pravila crtanja uzdužnog preseka

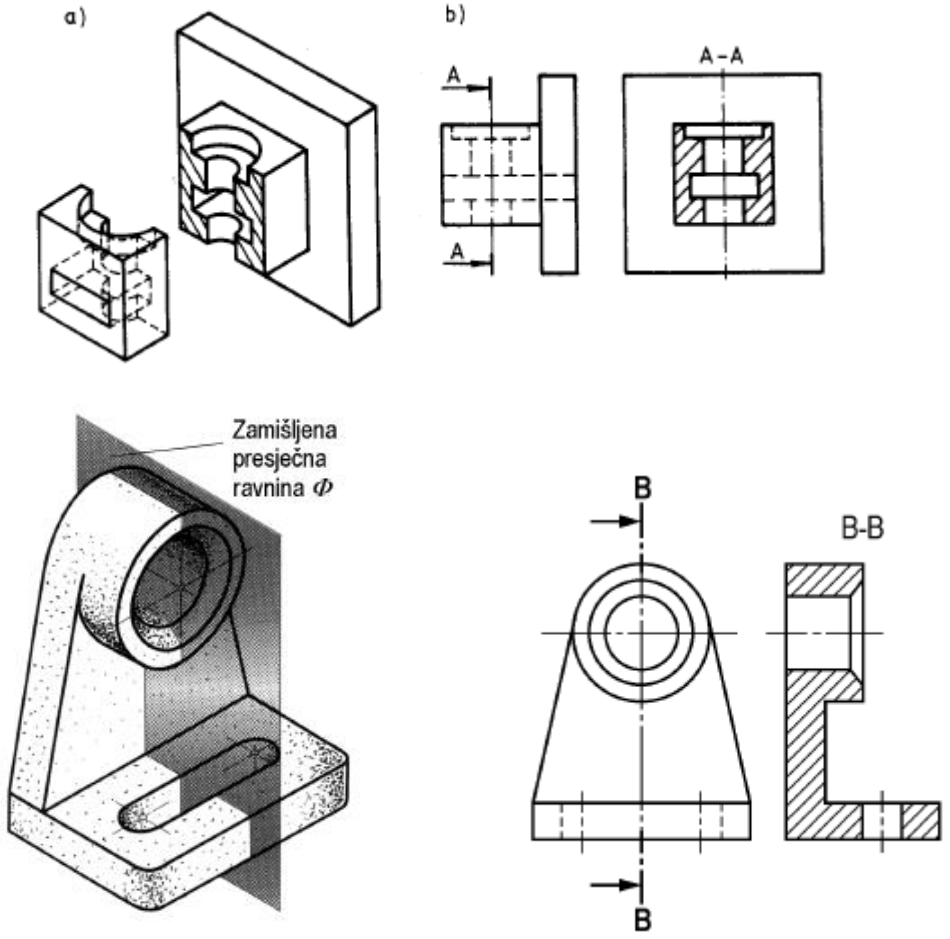
5. **Potpun poprečni presek**

Potpun poprečni presek koristi se za predmete sa unutrašnjim detaljima koji stoje normalno na dužu simetralnu osu predmeta. Predmet sa slike 8.0.17,a pogodan je za ovaj presek. Na osnovu pogleda spreda (A) i sleva (C) može se zaključiti da se bez preseka unutrašnji detalji ne mogu kotirati.

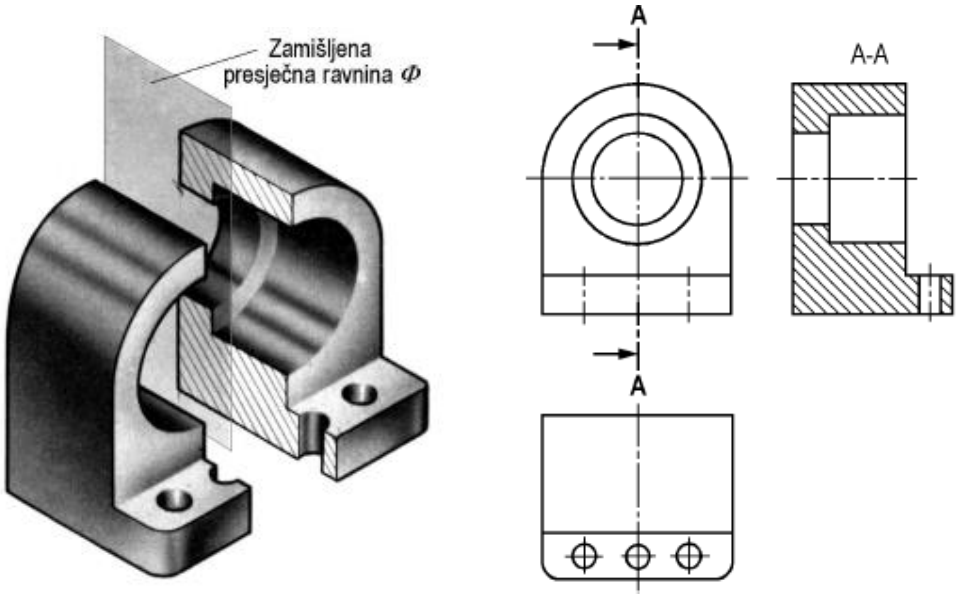


Sl.8.0.17. Izbor presečne ravni

Predmet se zamišljeno odseče sa ravni koja stoji pod uglom od 90° na uzdužnu osu (popreko na dužu osu predmeta) na mestu gde se nalaze unutrašnji detalji predmeta (sllika 8.0.18,a). Pre crtanja zamišljeno se odstrani prednji deo predmeta. Trag ravni sečenja crta se linijom tipa H i označi strelicom koja pokazuje pravac posmatranja predmeta nakon zamišljenog sečenja (slika 8.0.18,b). Na liniji sa strelicom stoji oznaka ravni sečenja A, kao i na dobijenom poprečnom preseku u pogledu C (A-A). Predmet se može seći tako da se poprečni presek vidi u pogledima A, B, C i D.



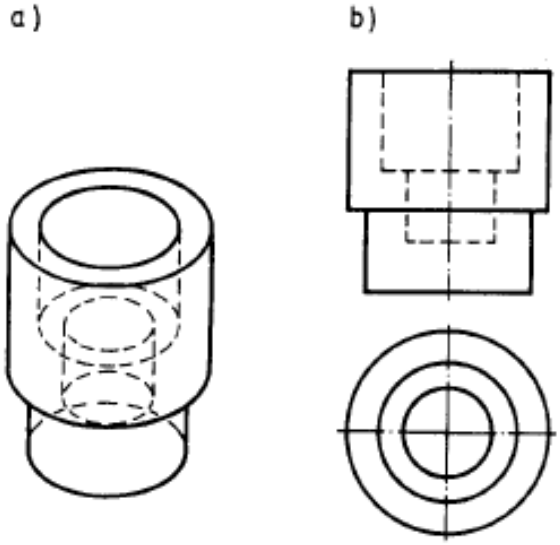
Sl. 8.0.18/a. Poprečni presek



Sl. 8.0.18/b. Poprečni presek

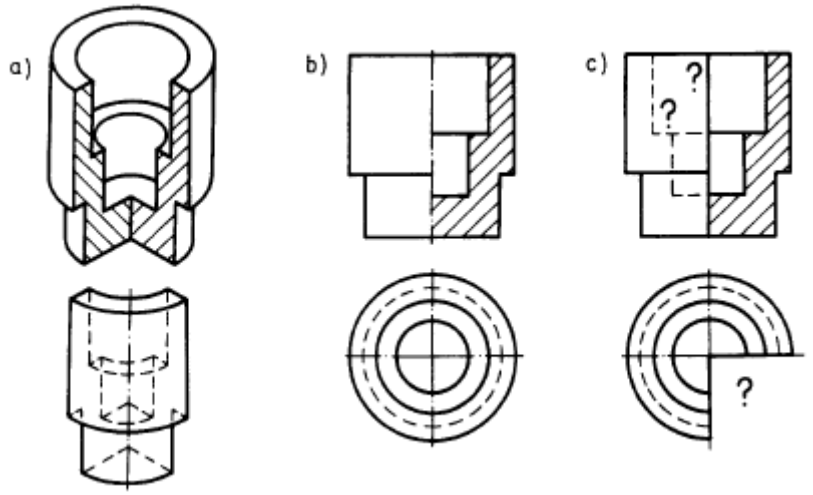
6. Polovični (četvrt) presek

Polovični ili četvrt presek koristi se za predmete koji su potpuno simetrični i po spoljašnjosti i po unutrašnjosti i po svim osama simetrije. Predmet prikazan na slici 8.0.19, a je upravo takav. Sa glavnim pogledom (spreda) i odozgo predmet je jednoznačno definisan (slika 8.0.19,b).



Sl. 8.0.19 Izbor polovične presečne ravni

Međutim, ne mogu se kotirati dubine rupa. Zbog toga se zamišljeno predmet seče sa dve izlomljene ravni pod uglom od 90° i to po dvema simetralnim osama predmeta. Praktično, zamišljeno se odseca četvrtina predmeta (slika 80..20,a). Na desnoj strani predmeta na pogledu A crta se unutrašnjost predmeta (pošto se nakon zamišljenog sečenja vidi), a na levoj strani samo spoljašnjost predmeta (slika 8.0.20,b).

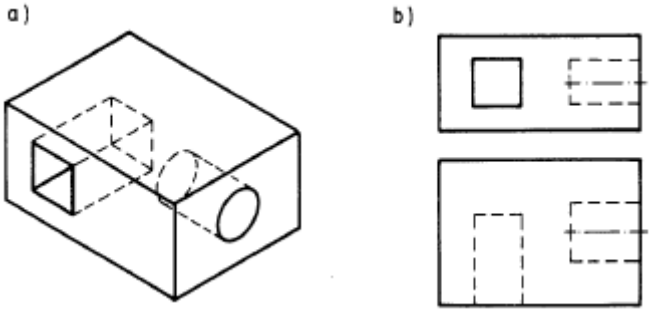


Sl.8.0.20. Izgled polovičnog-četvrt preseka

Iako leva polovina predmeta na pogledu A ima unutrašnjih nevidljivih detalja, koji su isti kao i na desnoj, oni se ne crtaju, ali se porazumeva da postoje. Takođe se podrazumeva da je spoljašnjost desne strane predmeta ista kao i leve. Trag ravni se ne označava pošto se predmet seče po osama simetrije. Četvrt presek je racionalan, pošto na jednom pogledu obuhvata i spoljašnjost i unutrašnjost predmeta.
Na slici 8.0.20.,c namerno su napravljene greške. Ne crtaju se nevidljive linije na onoj četvrtini predmeta koja se ne seče iako postoje, zato što se to podrazumeva, jer je predmet simetričan. Takođe, greška je što je pogled odozgo nacrtan bez četvrine kruga, Pošto je predmet zamišljeno, a ne stvarno tako odsečen. Osim toga, na glavnom pogledu je pogrešno nacrtana konturna linija umesto osne. Bilo bi to pravilno kada bi se predmet tako odsekao stvarno a ne fiktivno.

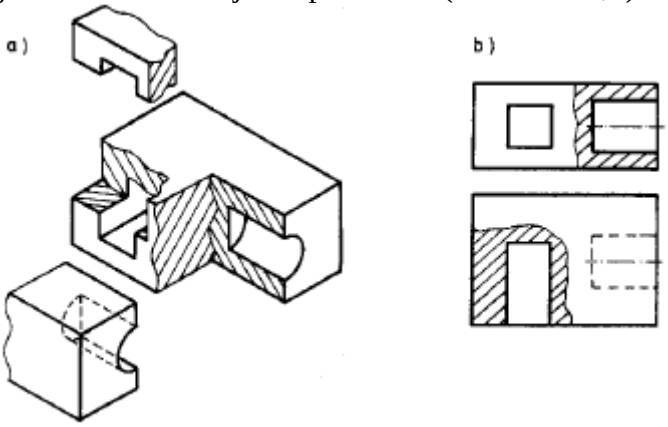
7. Delimični presek

Delimični presek koristi se za prikazivanje sitnih detalja predmeta, koji se ne mogu obuhvatiti jednom ravni sečenja. Predmet prikazan na slici 8.0.21,a pogodan je za četvrt presek pošto se na ortogonalnim pogledima (slika 8.0.21,b) unutrašnji detalji ne vide, a ne mogu se seći jednom ravni.



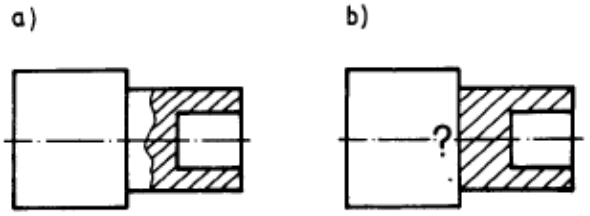
Sl. 8.0.21. Izbor ravni za delimičan presek

Predmet se zamišljeno delimično odseče po osnoj liniji otvora i žljeba tako da se vide (slika 8.0.22,a). Ukoliko se deo unutrašnjeg detalja i nakon delmičnog odsecanja ne vidi, crta se isprekidanom linijom tipa E ili F. Trag ravni sečenja označava se linijom tipa C ili D (slika 8.0.22,b).

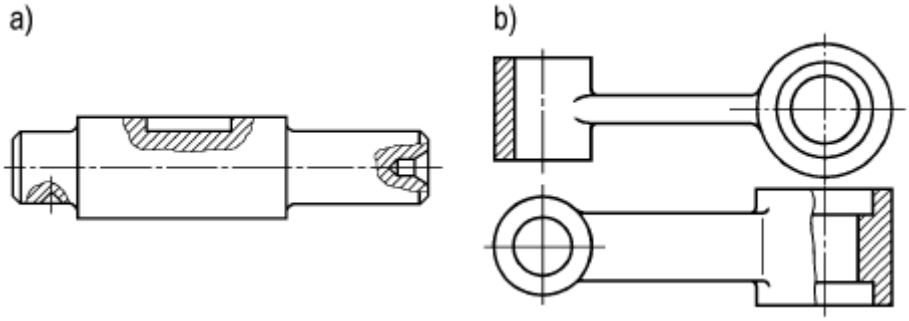


Sl.8.0.22. Delimičan presek

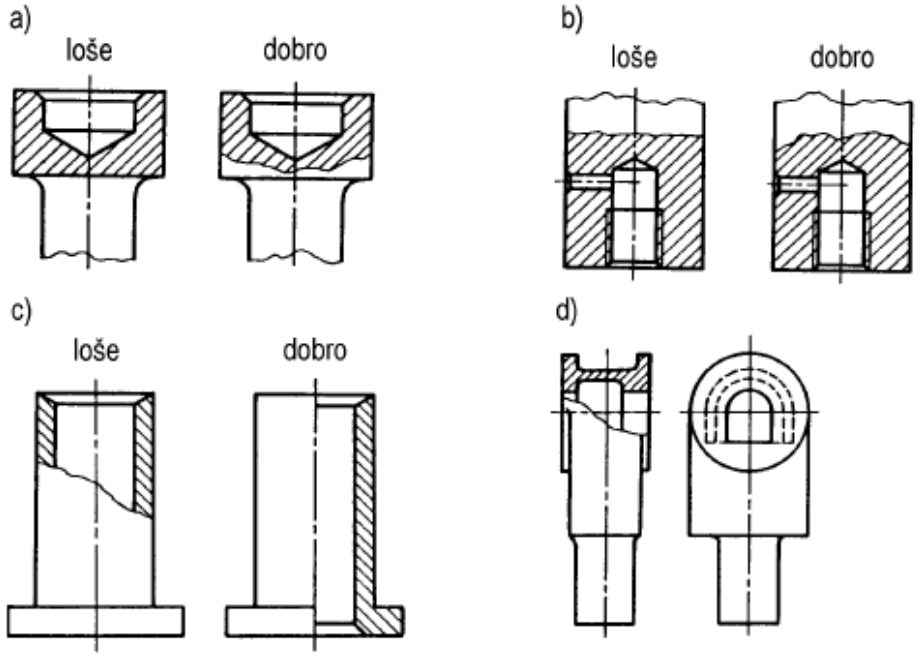
Pri sečenju za delimičan presek treba voditi računa da se predmet ne seče po konturnim linijama, već tako da se vidi trag sečenja, tj. mora postojati linija tipa C ili D. Na slici 8.0.23,8.0.24 i 8.0.25 dat je pravilno i nepravilno nacrtan delimični presek. Delimični presek se koristi ako se želi razjasniti dio mašinskog dela slika.



Sl.8.0.23. Delimičan presek



Slika 8.0.24.. Primeri uporabe delomičnog preseka



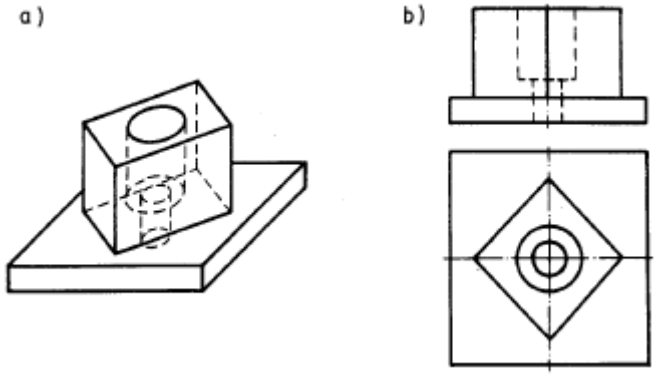
Sl. 8.0.25. Primeri nekih posebnih dogovora kod delimičnih preseka

Brid nikada ne može biti granica između delomičnog preseka i pogleda na predmet, (a), crta loma ne smije se povlačiti paralelno s bridom predmeta (b).U slučaju da je predmet simetričan, ne običava se crtanje poprečnog preseka jer se oblik može bolje prikazati polovičnim presekom (c), kod nesimetričnih predmeta, kod kojih nije moguće primeniti polovičan presek, dopušta se prikaz delomičnim presekom (d)

8. Kombinovan četvrt i delimični presek

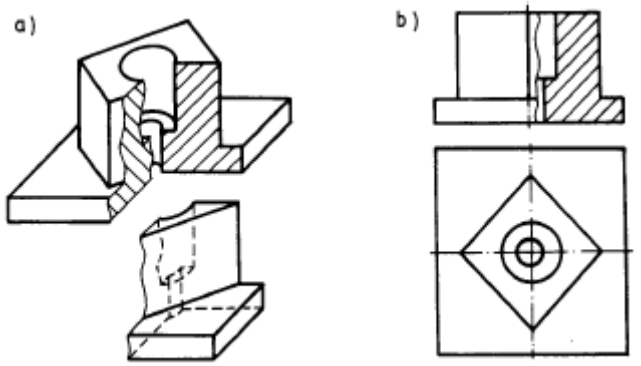
Ako predmet ima unutrašnju ili spoljašnju konturnu liniju koja pada na osnu liniju predmeta po kojoj se seče za četvrt presek, a predmet je podesan

za ovaj presk, koristi se kombinacija delimičnog i četvrt preseka. Zamišljeno se predmet seče po jednoj osi simetrije, a nešto pre ili posle ose, paralelno drugoj osi simetrije, ali slobodnoručno.
Predmet prikladan za ovaj presek dat je na slici 8.0.26,a. Konturna linija koja se nalazi sa spoljašnje strane poklapa se sa vertikalnom osom simetrije na glavnom pogledu (slika 8.0.26,b).



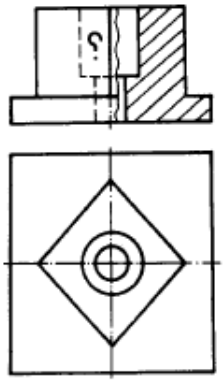
Sl.8.0.26. Izbora kombinovanog-četvrt delimičnog preseka

Predmet se seče po horizontalnoj osnoj liniji, zatim nešto pre druge osne linije, seče se proizvoljno tako da se vidi spoljašnja kontura koja se poklapa sa osnom linijom (slika 8.0.27,a). Na taj način ta kontura se vidi i u glavnom pogledu (slika 8.0.27,b).

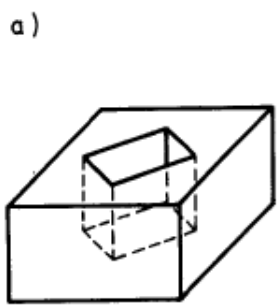


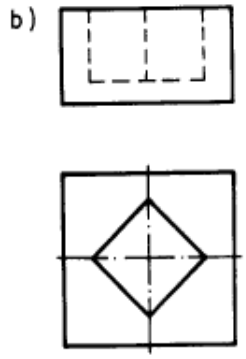
Sl.8.0.27. Kombinovan-četvrt delimičn presek

Nevidljive linije sa leve strane predmeta se ne crtaju, kako je to pogrešno urađeno na slici 8.0.28.



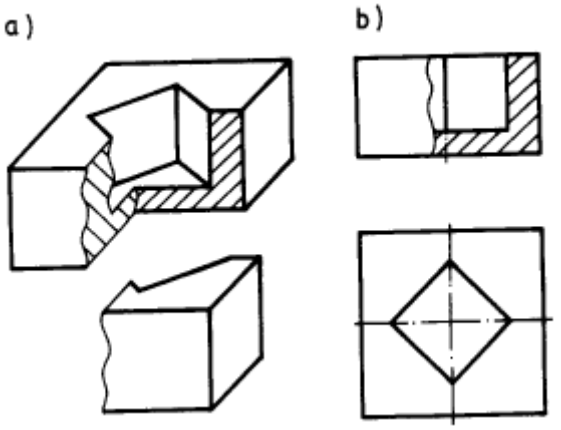
Sl.8.0.28.





Sl.8.0.29.

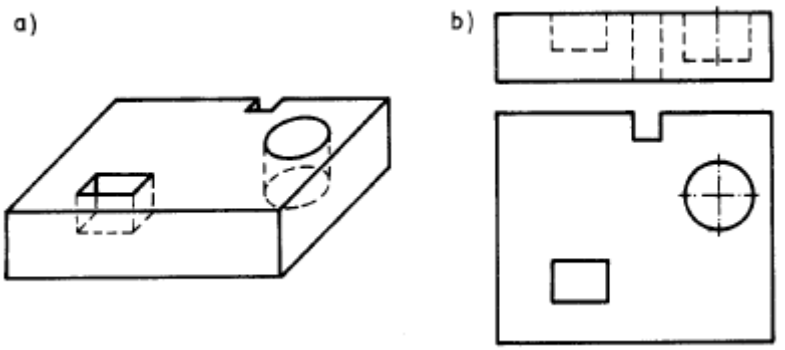
Kada se kontura predmeta, koja se poklapa sa osnom linijom nalazi unutar predmeta (slika 8.0.29), javlja se isti problem kao kada se nalazi spolja. Predmet se slično odseca, znači po horizontalnoj osi simetrije, ali malo dalje od preseka sa drugom osom, odakle se seče delimično, ali paralelno sa osom simetrije (slika 8.0.30).



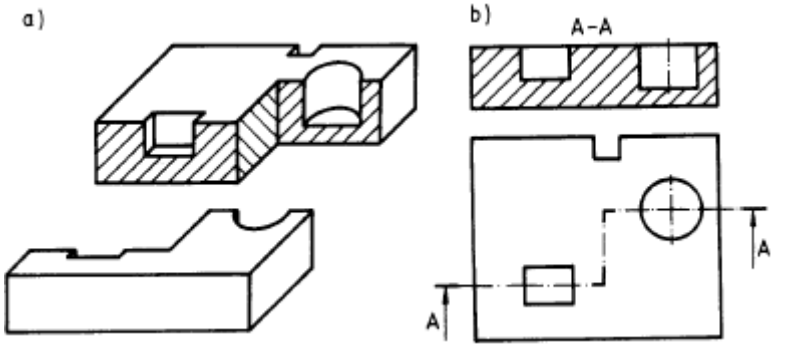
Sl.8.0.30. Kombinovan-četvrt delimični presek

9. Stepenast (izlomljen) presek

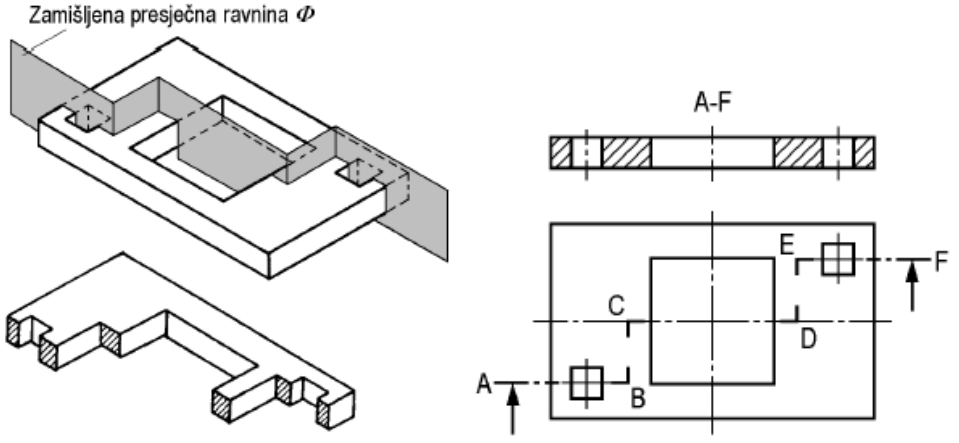
Stepenasti ili izlomljen presek koristi se za predmete sa unutrašnjim detaljima koji se ne mogu obuhvattiti sa jednom ravni sečenja. Ravan sečenja je izlomljena tako da preseče i obuhvati unutrašnje detalje po njihovim pojedinačnim osnim linijama. Trag ravni sečenja označava se linijom tipa H. Predmet na slici 8.0.31. je prikladan za stepenast presek. Način sečenja prikazan je na slici 8.0.31,a, a pogledi sa stepenastim presekom na slici 8.0.32,b. 8.0.33. i 8.0.34.



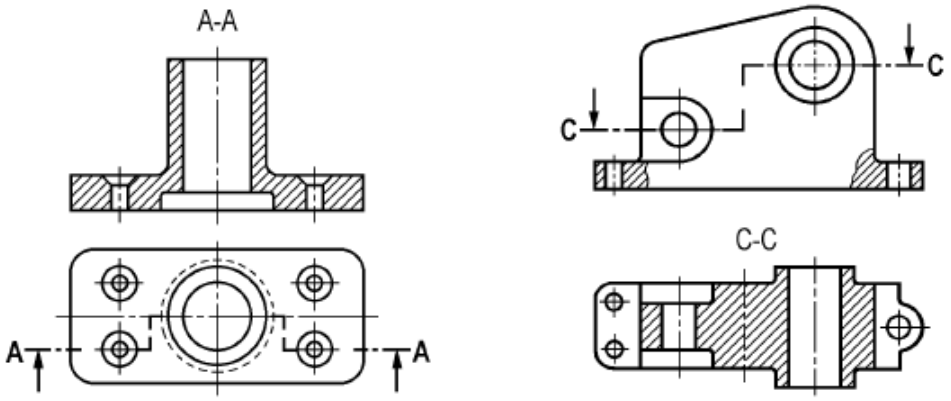
Sl.8.0.31.Izbor presečne ravni



Sl.8.0.32. Stepenast presek

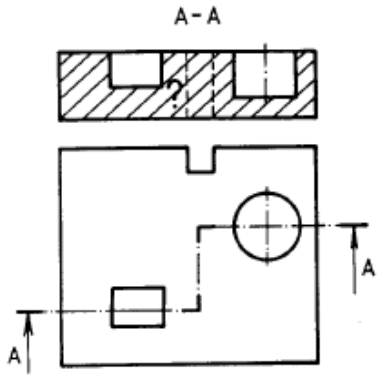


Sl. 8.0.33. Postupak nastajanja stepenastog preseka (presek prikazan u nacrtu)

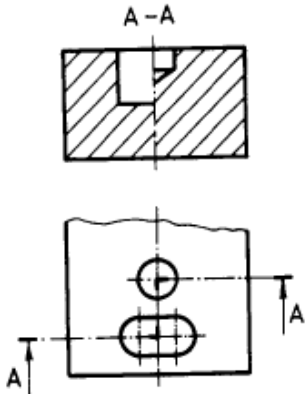


Sl.8.0.34. Primeri stepenastog preseka prikazanog u nacrtu (a) i tlocrtu (b)

Ako neki unutrašnji detalj predmeta nije obuhvaćen sa ravni sečenja, a nalazi se iza ravni sečenja, on se više ne crta (ne mogu preko šrafurne linije da se crtaju isprekidane). Njegovo definisanje se rešava na drugi način. Pogrešno nacrtan stepenast presek, gde su iza ravni sečenja nacrtane isprekidane linije dat je na slici 8.0.35.



Sl.8.0.35



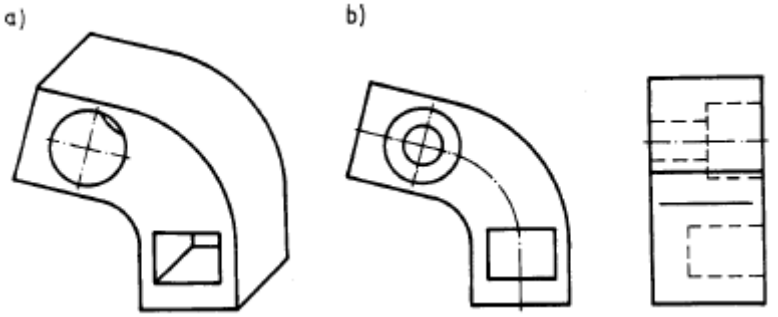
Sl.8.0.36.

Kada je ravan sečenja tako izlomljena da se detalji predmeta koji se seku poklapaju kao na slici 8.36, tada se crta po polovina presečnih detalja. Pri tome se šrafura "smiče" na osnoj liniji. Ovakav stepenasti presek može se koristiti ako su presečeni detalji simetrični u odnosu na ravan sečenja.

10. Zarotiran presek

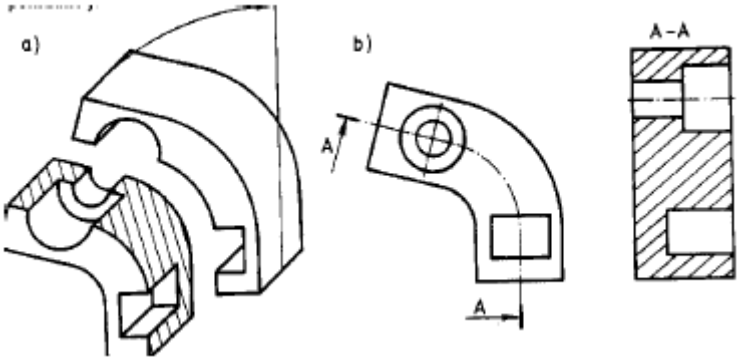
Zarotiran presek koristi se za unutrašnje detalje predmeta koji se nalaze pod nekim uglom u odnosu na projektne ravni, jer projekcije takvih detalja

bez ovakvog načina sečenja su deformisane. Stoga se takvi detalji seku pomoću ravni koja prati osnu liniju predmeta, ali se pre srtanja deo ravni sečenja zarotira, sve dok cela ne bude paralelna sa nekom od projektnih ravni. Na taj način se i detalji koji su pod uglom na projektne ravni projektuju nedeformisano. Trag ravni sečenja označava se linijom tipa H. Na slici 8.0.37 prikazan je predmet kod kojeg je potreban ovakav presek. Položaj otvora je deformisan na ortogonalnom pogledu (slika 8.0.37,b) pošto se nalzai na delu predmeta koji ej pod nekim proizvoljnim uglom u odnosu naprofilnu projektnu ravan.



Sl.8.0.37. Predmet za zaokrenuti presek

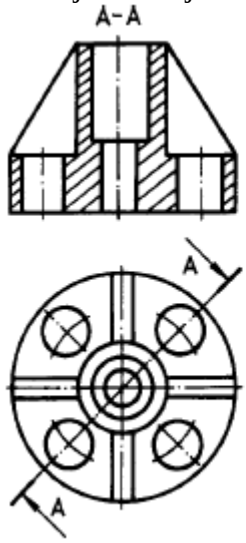
Način sečenja predmeta za dobijanje zarotiranog preseka prikazan je na slici 8.0.38.a. Pre nego što se nacrta pogled sa leva, zamišljeno se zarotira deo odsečenog predmeta tako da se nađe na vertikalnoj osnoj liniji (slika 8.0.38,b). Pri tome je predmet na glavnom pogledu zadržao svoj pravi, ne zarotiran položaj.



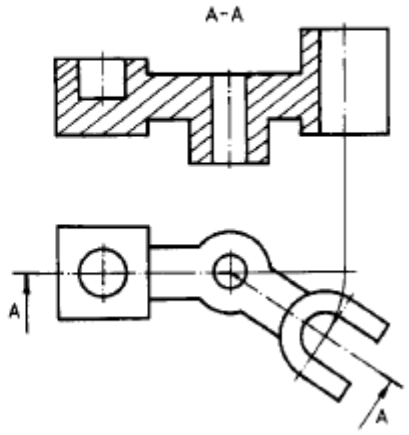
Sl.8.0.38. Zaokrenuti presek

Na primeru slika 8.0.39., rotira se položaj otvora, tako da se i na glavnom pogledu vidi prava (nedeformisana) vrednost osnog kruga. Podrazumeva

se da se predmet seče i po simetralnoj liniji preko krilaca, koji se ne šrafiraju. Crtanje zarotiranog preseka pokazanao je na slici 8.0.40.

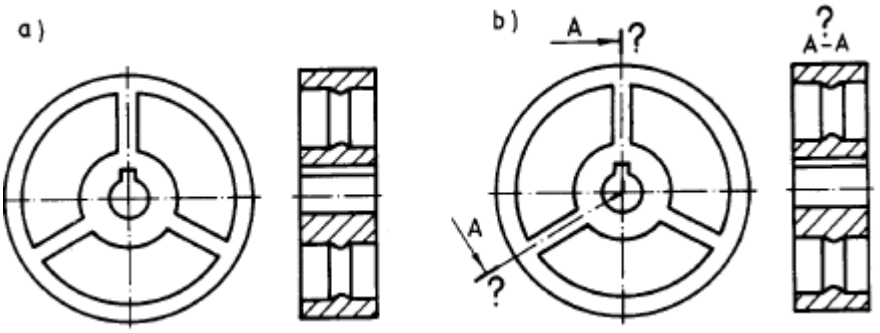


Sl.8.0.39



Sl. 8.0.40.

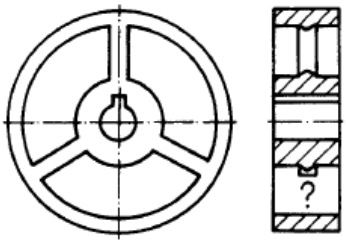
Pri korišćenju zarotiranog preseka kod prenosnika, točkova itd, kada se seku po paocima, čini se izuzetak i trag ravni sečenja se ne označava (slika 8.0.41,a). Osim toga, pri sečenju paoka izuzetak je i da se oni ne šrafiraju, odnosno preskaču se pri sečenju i srtaju se onako kako izgledaju spolja. Pogrešno je ako se na ovom predmetu označi trag ravni sečenja, kao što je dato na slika 8.0.41,b.



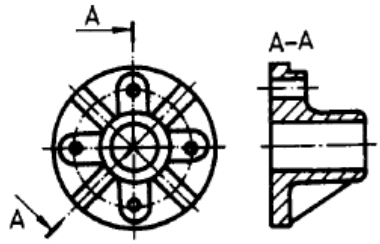
Sl.8.0.41. Zarotirani presek

Kada bi se za ovaj primer koristio poprečni presek dobijeni pogledi bi bili kao na slici 8.0.42. Na osnovu pogleda sa leva moglo bi se pogrešno zaključiti da su paoci kraći nego što stvarno jesu.

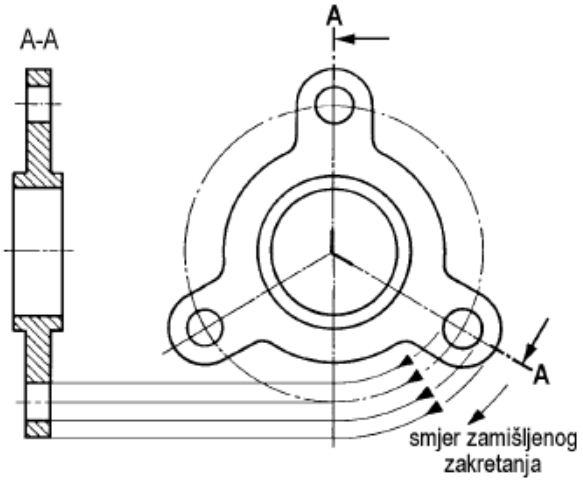
Još jedan primer primene zarotiranog preseka prikazan je na slici 8.0.43.i 8.0.44. Predmet je tako sečen i ravan sečenja tako zarotirana da se sa gornje strane vide rupa i prava vrednost poluprečnika osnog kruga, a sa donje strane vidi se pravi položaj krilaca. U ovom primeru predmet je sečen samo po označenim ravnima, a ne i po simetralnoj liniji.



Sl.8.0.42.



Sl. 8.0.43.

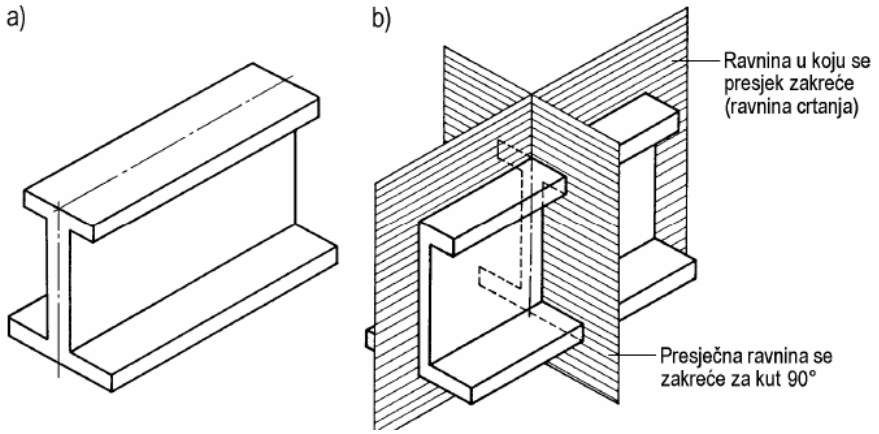


Sl. 8.0.44. Zakretanje otvora u ravninu crtanja

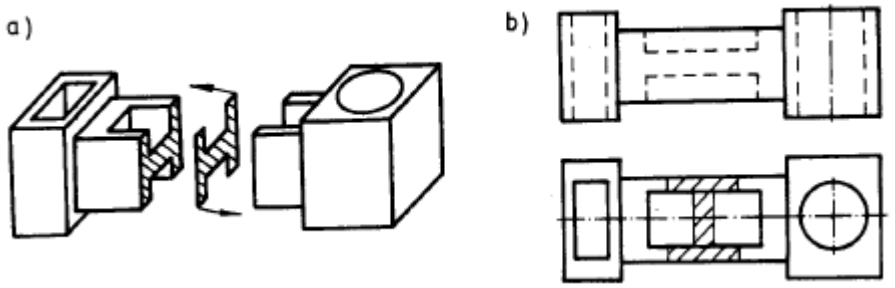
11. Okrenut presek

Okrenut presek koristi se za definisanje poprečnih preseka detalja predmeta. Detalj predmeta se seče jednom ravni, koja se okrene za 90° i dovede u ravan crtanja. Na primeru sa slike 8.0.45,a pokazan je princip dobijanja okrenutog preseka. Površina koja se dodirne sa ravni sečenja okrene se i crta na mestu gde se taj detalj stvarno nalazi ili van tog mesta. Kada se crta na messtu gde se nalazi, crta se tankom linijom tipa B, šrafira se i ima prednost nad konturama na tom mestu (slika 8.0.45,b). Okrenut presek, iako nacrtan tankom linijom, može se kotirati i označiti sa ostalim potrebnim oznakama za toleranciju, hrapavost itd. Ako na tom mestu ima spoljašnjih kontura ili je malo prostora, okrenut presek se može nacrtati i izvan pogleda, ali tada debelom linijom tipa A. Presek i projekcija su

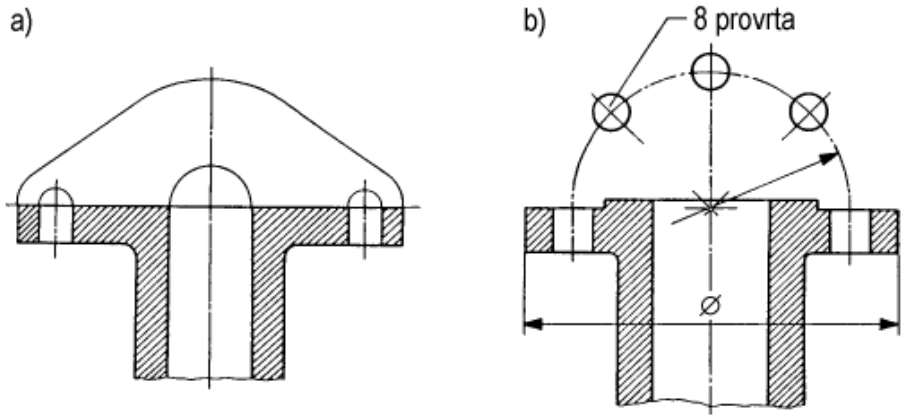
spojeni osnom linijom tipa G (slika 8.0.46,a). Okrenut presek se može nacrtati na mestu gde se nalazi, tako što se skrati pogled na tom mestu. Tada se takođe, crta debelom linijom (slika 8.0.46,b).



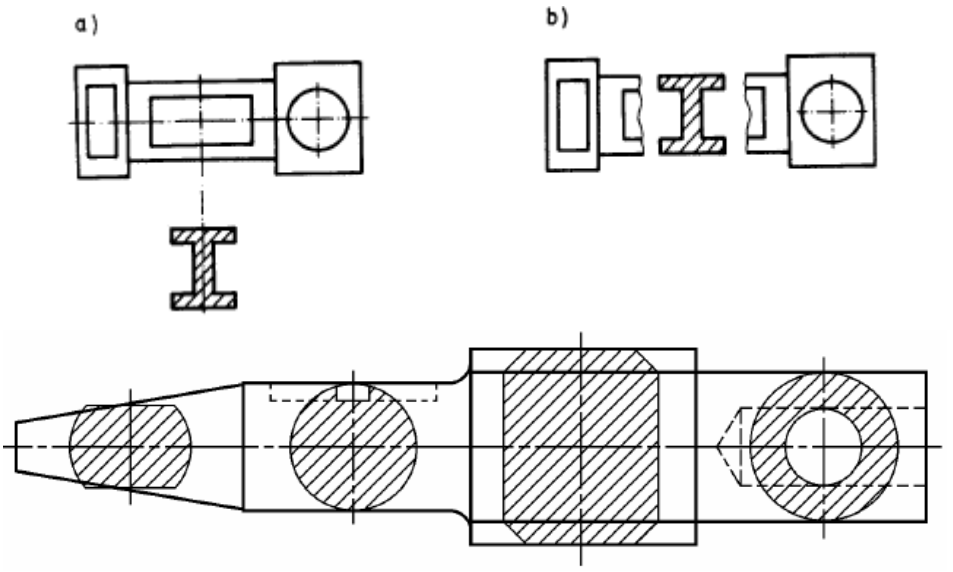
Sl. 8.0.45/a Postupak nastajanja okrenutog preseka



Sl.8.0.45.Okrenuti presek



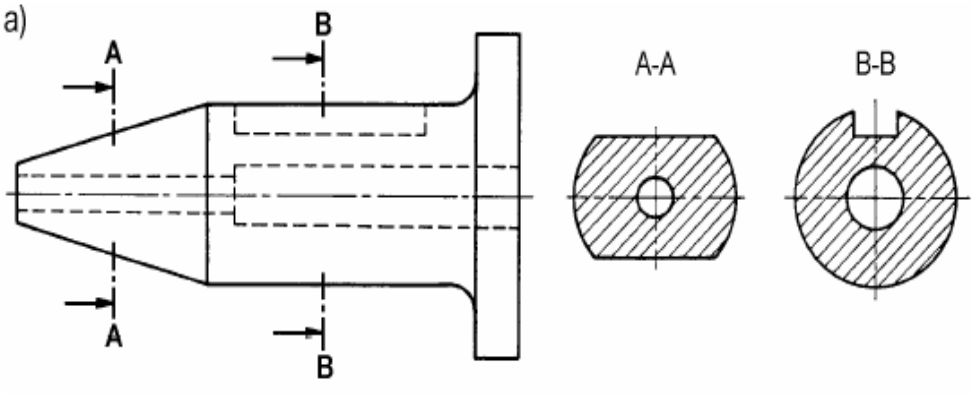
Sl-8.0.45/a Rupe u prirubnicama i slično prikazuju se obično primenom tzv. delomičnog presjeka u istoj ravnini crtanja u kojoj je nacrtana osnovna projekcija (zakrenuta projekcija nadoknađuje propisanu)



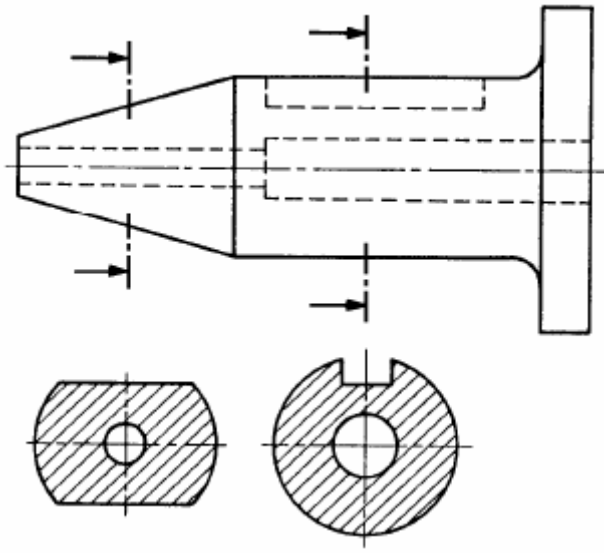
Sl.8.0.46. Okrenuti presek

12. Mestimičan presek (razrez)

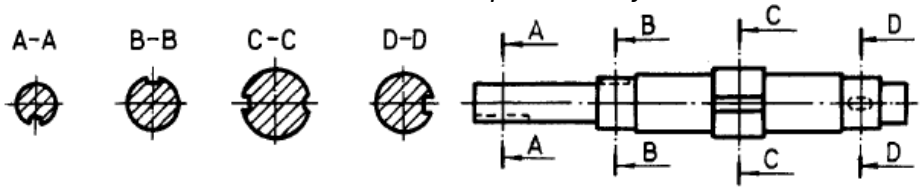
Mestimičan presek ili razrez dobija se tako što se predmet zamišljeno preseče (kao i za presek) i nacrta se samo onaj deo predmeta, koji je došao u dodir sa ravni sečenja, bez ostale pozadine predmeta. Dobijeni razrez može se nacrtati na proizvoljnom mestu na formatu, a ne po tačno određenom rasporedu pogleda, evropskom ili američkom. Označava se linijom tipa H. Način dobijanja mestimičnog preseka (razreza) prikazan je na slici 8.0.47, a drugi primeri na slici 8.48. i slici 8.0.49.



Sl.8.0.47. Mestimični presek

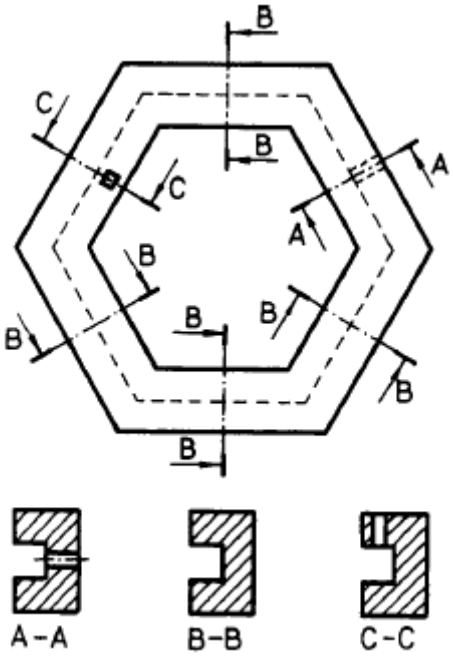


*Sl.8.0.48. Mestimični presek-varijanat-**b***

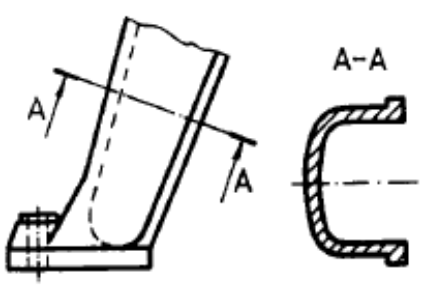


Sl.8.0.49. Mestimični presek

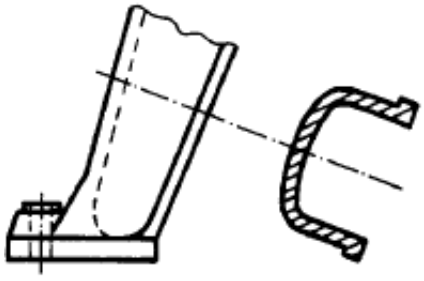
Ako su dobijeni razrezi na različitim mestima isti, crtaju se kao na slici 8.0.50, bez ponavljanja.
Poprečni presek predmeta sa slike 8.0.51 pokazan je korišćenjem razreza i ravni A-A. To isto se moglo rešiti i okrenutim presekom na tom mestu (slika 8.0.52). Dobija se ista slika poprečnog preseka, samo u drugom položaju u odnosu na predmet.



Sl.8.0.50.



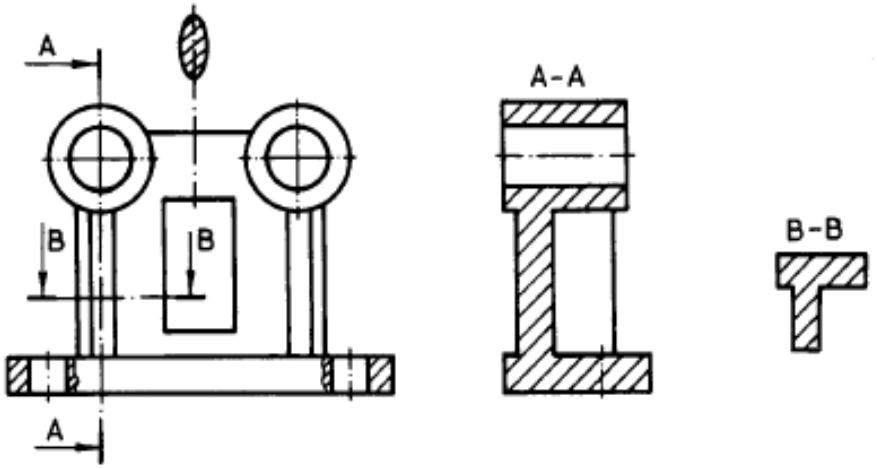
Sl.8.0.21.



Sl.8.0.52

13. Kombinovani preseci

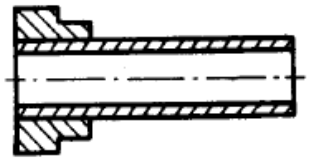
Kombinovani preseci su različite kombinacije svih preseka, zavisno od oblika predmeta. Kombinuju se oni preseci koji će jasno jednostavno i racionalno jednoznačno definisati izgled predmeta i po spoljašnjosti i po unutrašnjosti. Preseke ne treba praviti bez određene namene i potrebe, već samo onda kada se unutrašnji detalji ne mogu bez preseka kotirati, označiti kvalitet površina itd. Primer kombinacije preseka prikazan je na slici 8.0.53. Kombinovan je poprečni presek sa ravni A-A, mestimični (razrez) sa ravni B-B, okrenut, koji je nacrtan van mesta gde se on stvarno nalazi i delimičan.



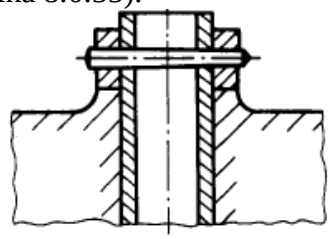
Sl. 8.0.53. Kombinovani presek

14. Presek više delova u sklopu

Kada se predmeti nalaze u sklopu (naležu jedan na drugi) i kada imaju neku zajedničku funkciju, obavezno se crtaju koristeći neki od preseka. Pri tome se različiti predmeti šrafiraju različitim šrafurama, bilo po nagibu, bilo po gustini. Na slici 8.0.54. nacrtana su dva predmeta u sklopu korišćenjem uzdužnog preseka. Na slici 8.0.55. prikazana su 4 predmeta u sklopu, takođe, korišćenjem uzdužnog preseka. Na ovom primeru čivija nije šrafirana, pošto su svi elementi za vezu (čivije, klinovi, zavrtnjevi, zakivci, podloške, osigurači itd.) ne seku se (ne šrafiraju se), odnosno preskaču se pri sečenju i crtaju se kako izgledaju spolja. Ovaj izuzetak važi i za druge mašinske elemente u sklopu: vratila, osovine, osovinice, kotrljajni elementi, ležišta itd. Izuzetak mogu činiti i drugi mašinski delovi čije su površine velike za šrafiranje, čijim bi šrafiranjem crtež bio jako šaren i nepregledan. Površina, koja je velika za šrafiranje, može se šrafirati samo uz konturu, a ostali deo da ostane nešrafiran (slika 8.0.55).

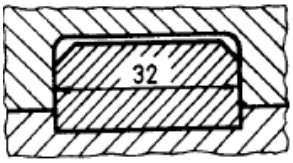


Sl.8.0.54.

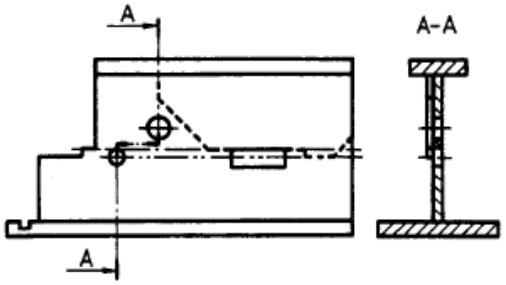


Sl.8.0.55.

Presek tri predmeta u sklopu kada se daje kota prikazan je na slici 8.0.56. Obično je to kota sa tolerancijom naleganja. Primena stepenastog preseka za četiri dela u sklopu pokazana je na slici 8.0.57.



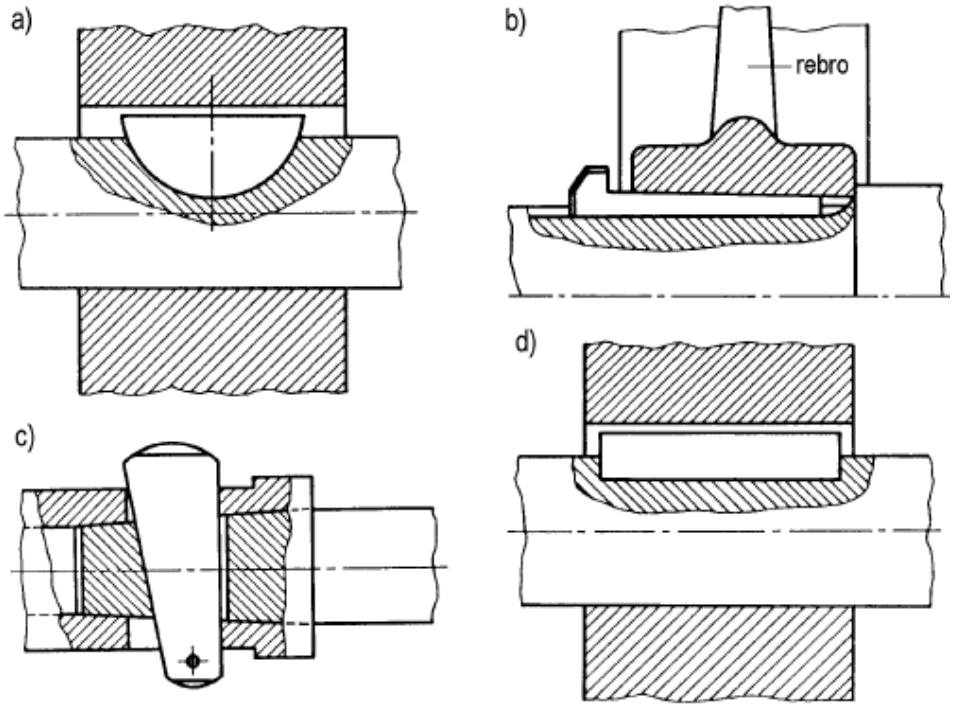
Sl.8.0.55.



Sl.8.0.57.

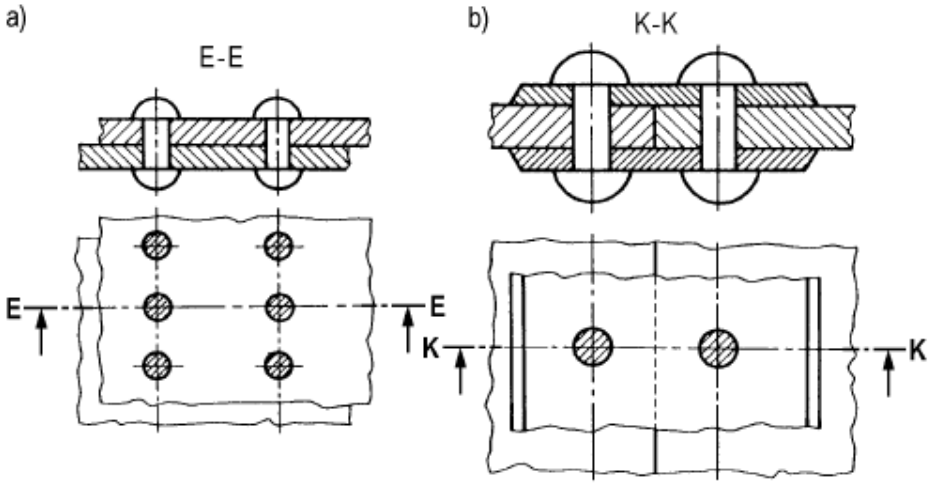
15. Neki primeri pravila crtanja preseka

Osovine i vratila, te klinovi i pera u spoju s glavčinama se ne seku (na slici a i d nisu nacrtani nasloni za glabčinu) slika 8.0.58.



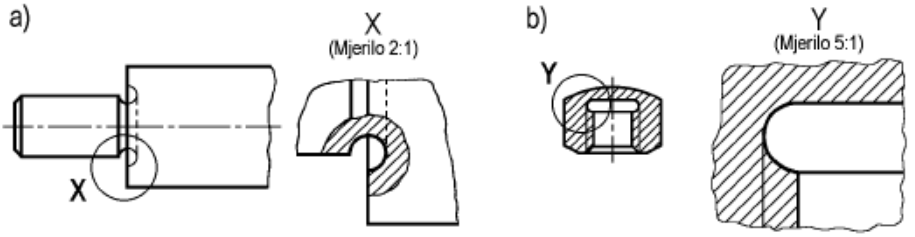
Sl.8.0.58. Osovine i vratila, te klinovi i pera u spoju s glavinama se ne seku

Zakovice se crtaju u preseku samo u poprečnom preseku slika 8.0.59.



Sl.8.0.59. Zakovice se crtaju u presjeku samo u poprečnom presjeku

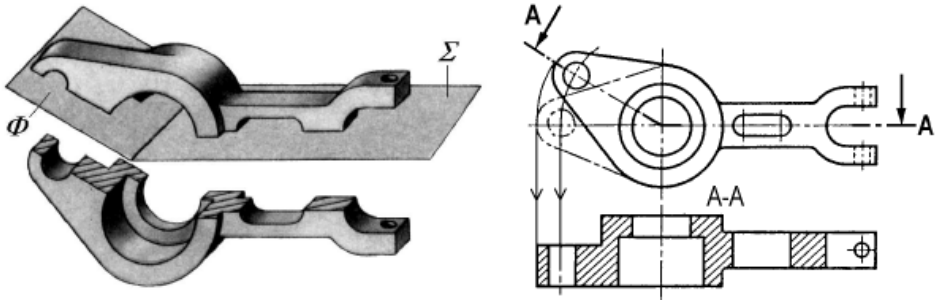
Detalji su također jedna vrst delomične proekcije kojima se u mjerilu za uvećanje pojašnjavaju nejasni delovi proekcije. Dio predmeta koji se želi pojasniti označava se kružnicom (neprekidna uska crta) i velikim slovom **S**, kraja abecede, a iznad povećane slike dijela predmeta stavlja se slovo kojim je isti označen (npr. X) i merilo u kojemu je slika nacrtana Sl.8.0.60.



Sl.8.0.60. Predočavanje detalja u preseku

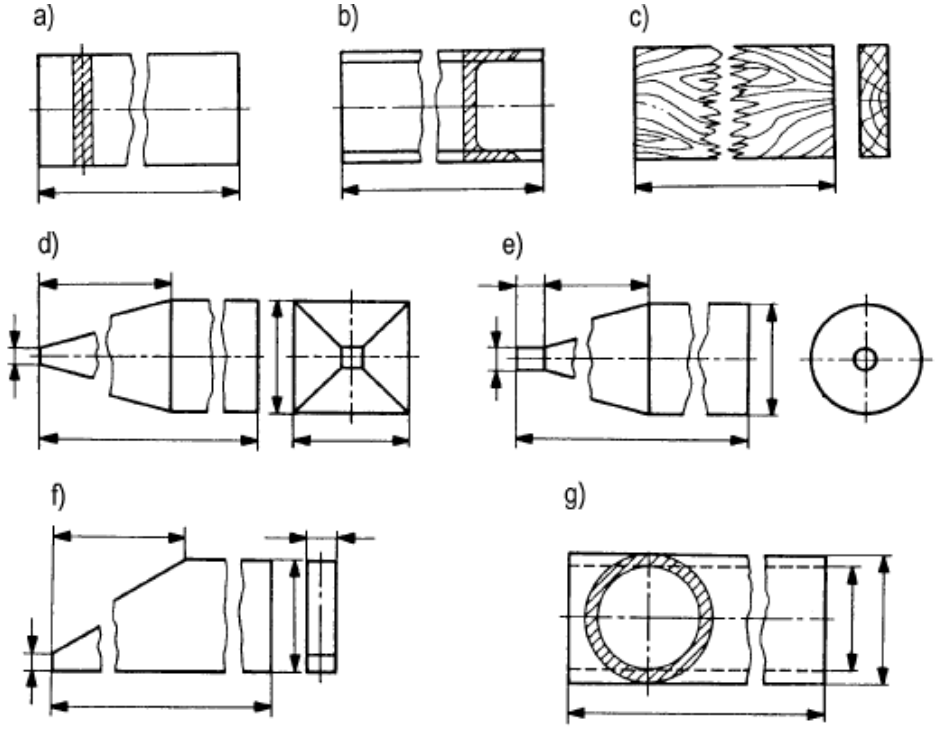
16. **Izlomljeni preseci**

Izlomljeni preseci su preseci koji nastaju ako se mašinski dio presijeca s dve ili više presečnih ravnina koje nisu paralelne, ali se seku. Pravilo je da se delovi preseka, nastali lomljenjem presečnih ravnina, zakreću u ravninu crtanja, tj. u položaj paralelan s jednom od ravnina projiciranjaslika 8.0.61.



Sl. 8.0.61.Primer izlomljenog preseka smeštenog u tlocrt

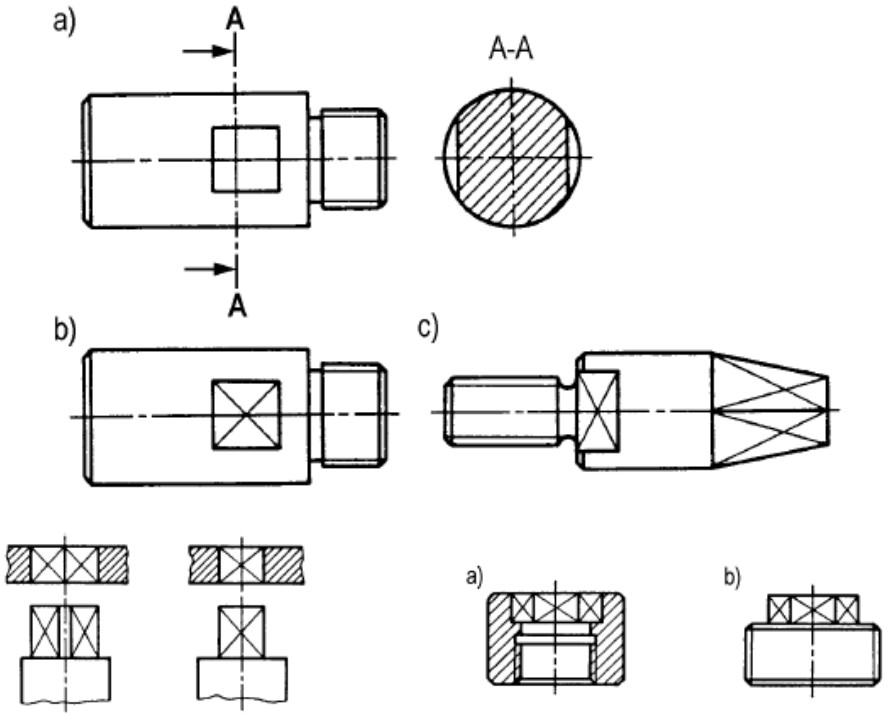
Kada se želi uštedeti na prostoru, dugi predmeti jednoličnog i jednolično promjenjivog preseka mogu se crtati prekinuti. Prekidi se mogu primijeniti i u slučajevima predmeta s jednolično promenljivim preecima, npr. kod suženja (d), konusa (e) i nagiba (f). Delovi unutar kojih ima promena ne smiju se prekidati, slika 8.0.62.



Sl. 8.0.62. Primeri uporabe prekida (crta loma)

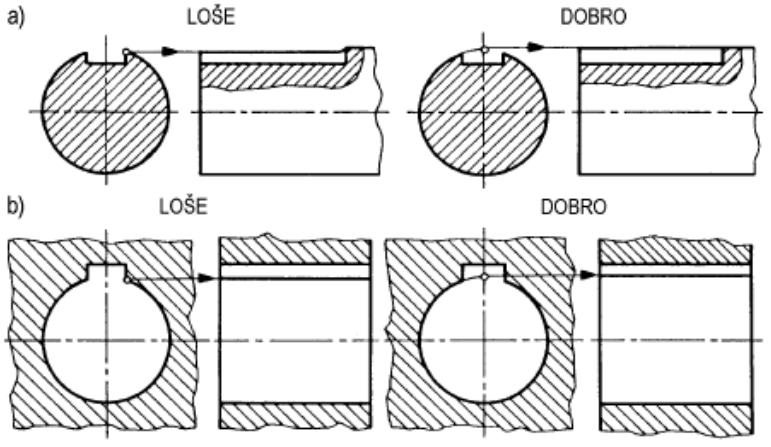
Ravne plohe označavaju se samo na predmetima čiji je osnovni oblik okrugli te ako takvi predmeti nisu česti, npr. višeugaoni kao matice. Označavaju se dijagonalnim neprekidnom uskom crtom. Ovim se

oznakama ravna ploha bolje ističe, slika 8.0.63., a često i nije potrebno crtanje druge projekcije jer crtanje dijagonala također predstavlja jedan od načina uštede u broju projekcija



Sl.8.0.63. Primeri uporabe prekida (crta loma) i završetaka

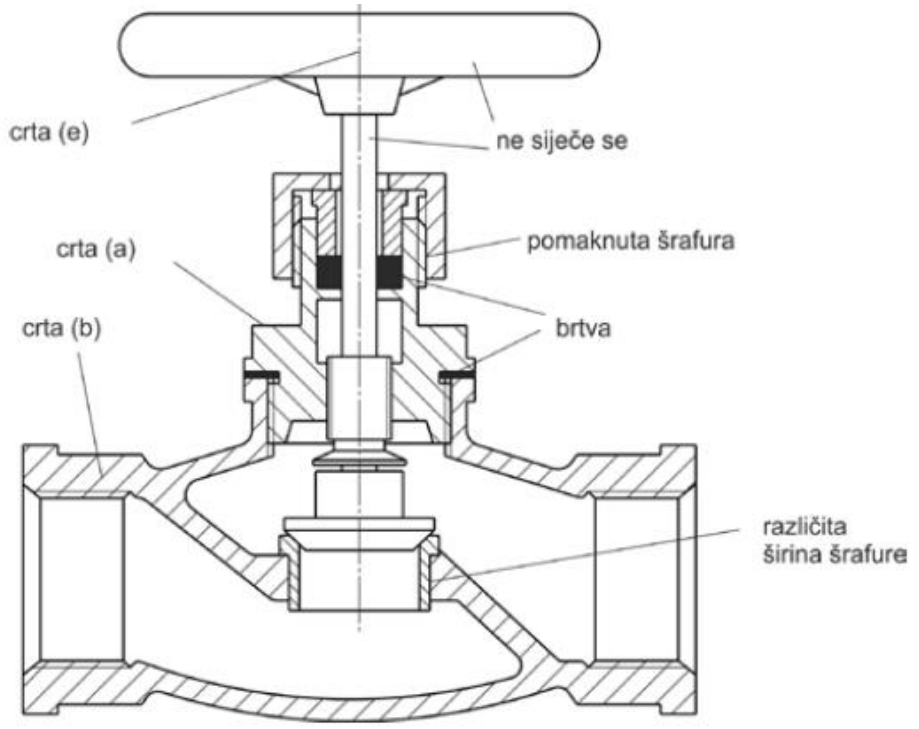
Osovine i vratila (a) te glavčine (b) s utorima za pera ili klinove crtaju se kao da prodori ne postoje, slika 8.0.64.



Sl,8.0.63. Crtanje osovine i vratila (a) te glavčine (b) s utorima za pera ili klinove

17. Pravila za crtanje presjeka sklopa

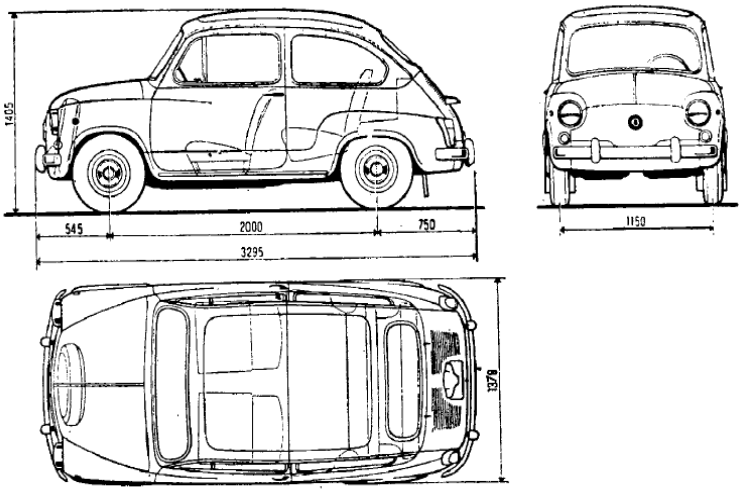
Kad je predmet šupalj i kad su šupljine složenog oblika onda se vjerna slika o njemu ne može dobiti iz prostorne pojma i iz pravougaone projekcije. U tom slučaju predmet se crta presečen određenim ravninama na način da se u tim ravninama vide potrebni detalji. Ravnine presecanja se u pravougaonom projiciranju crtaju crtom (d) a prema potrebi pogled se naglašava strelicama. Presečeni dio predmeta označava se šrafurom. Šrafuru čine usporedno povučene crte (b) preko cele presečene površine. Udaljenost između crta zavisi o veličini površine koju se šrafira. Pri šrafiranju sklopova treba paziti da uže površine imaju „gušću" šrafuru, a susjedne površine nasuprotni kut šrafiranja. Takođe šrafuru susednih površina treba pomaknuti da ne čine „riblju kost". Ugao šrafiranja je većinom 45°, ali se od njega može odstupiti kad se šrafiraju složeniji sklopovi. Jednostavne delove koje se presecima ne može pobliže objasniti se ne seče (zupčanici, vijci, točkovi, navojna vretena itd…) primer na sl.8.0.64.



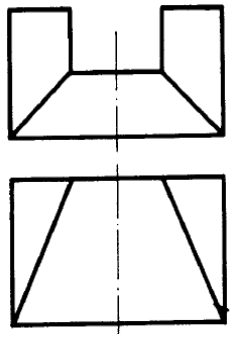
Sl.8.0.64. Presek ventila

9.0."ČITANJE" ORTOGONALNIH CRTEŽA

Pod pojmom čitanja ortogonalnog crteža podrazumeva se mogućnost sagledavanja prostornog izgleda predmeta na osnovu ortogonalnih pogleda. Iskustvo pokazuje da je "zapisivanje" oblikovnih i dimenzionih karakteristika predmeta pomoću ortogonalnih parova pogleda, lakše od obrnutog procesa. Sposobnost brzog čitanja ortogonalnih pogleda ne zavisi samo od prostorne imaginacije, već, pre svega, od poznavanja nekoliko bitnih "gramatičkih" pravila ovog grafičkog jezika i izvežbanosti u njihovoj promeni. Iz ortogonalnih pogleda na sl. 9.0.1 svako će "pročitati" da se radi o automobilu. Međutim, iz ortogonalnog para pogleda na sl.9.0.2, mada se ovi sastoje iz nekoliko pravih linija, malo ko će, ako je nestručnjak, uspeti da golom imaginacijom "pročita" stvarni izgled predmeta.



Sl.9.0.1.Ortogonalni pogled u tri projekcije fiće



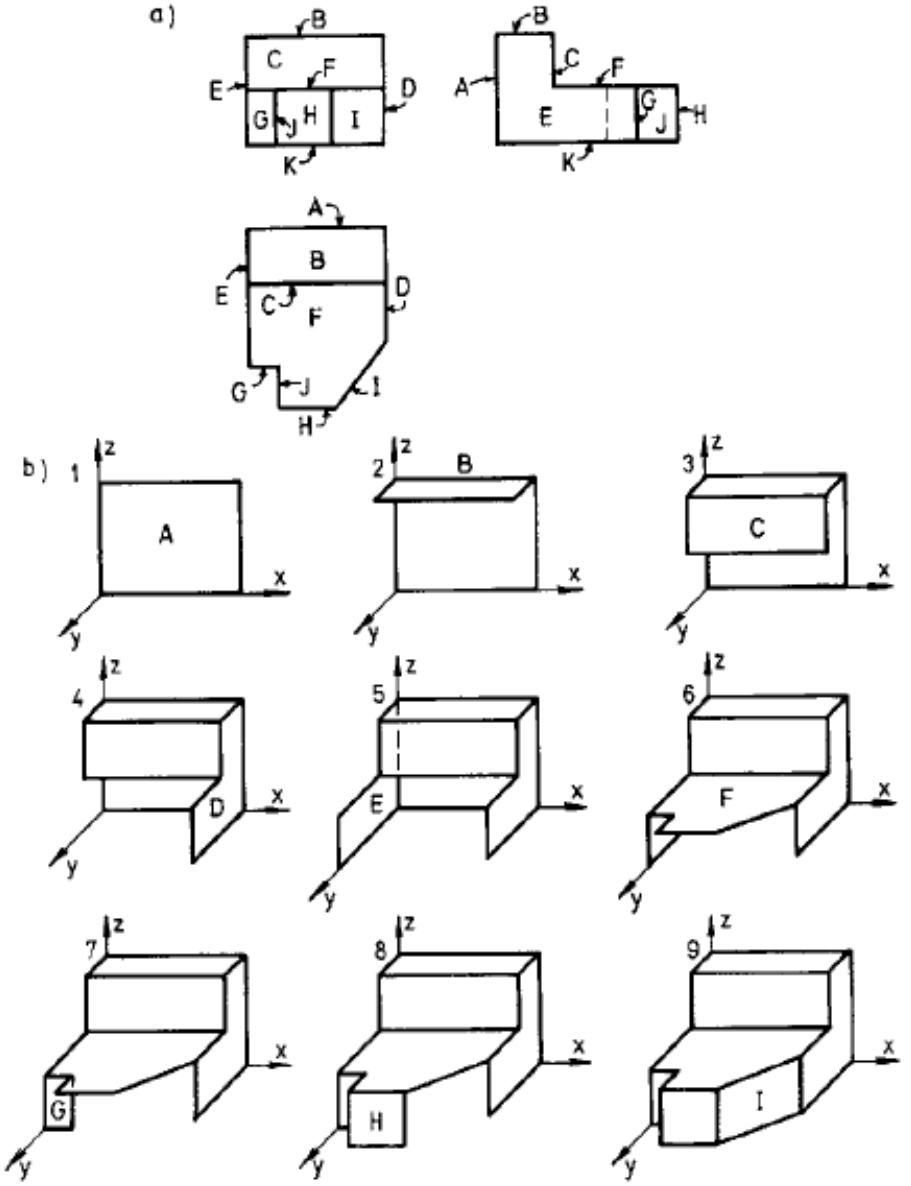
Sl.9.0.2.

Najjednostavnije metode za čitanje ortogonalnih pogleda su:

- Metoda raščlanjavanja na sastavne površine,
- Metoda odsecanja od osnovnog tela,
- Metoda raščlanjivanja na osnovna geometrijaska tela
- Čitanje ortogonalnih pogleda verbalnom analizom
- Kombinovana metoda,

9.1.METODA RAŠČLANJIVANJA NA SASTAVNE POVRŠINE

Ova metoda sastoji se od raščlanjivanja tela na sastavne površine i crtanja tih pojedinačnih površina. Na svim zadatim ortogonalnim pogledima obeleži se svaka pojedinačna površina (A, B, C …) (sl. 9.1.1). Analiziranjem pogleda odredi se položaj svake označene površine u odnosu na projektne ravni. Usvoji se metoda aksonometrijskog prikaza i nacrtaju odgovarajuće ose.

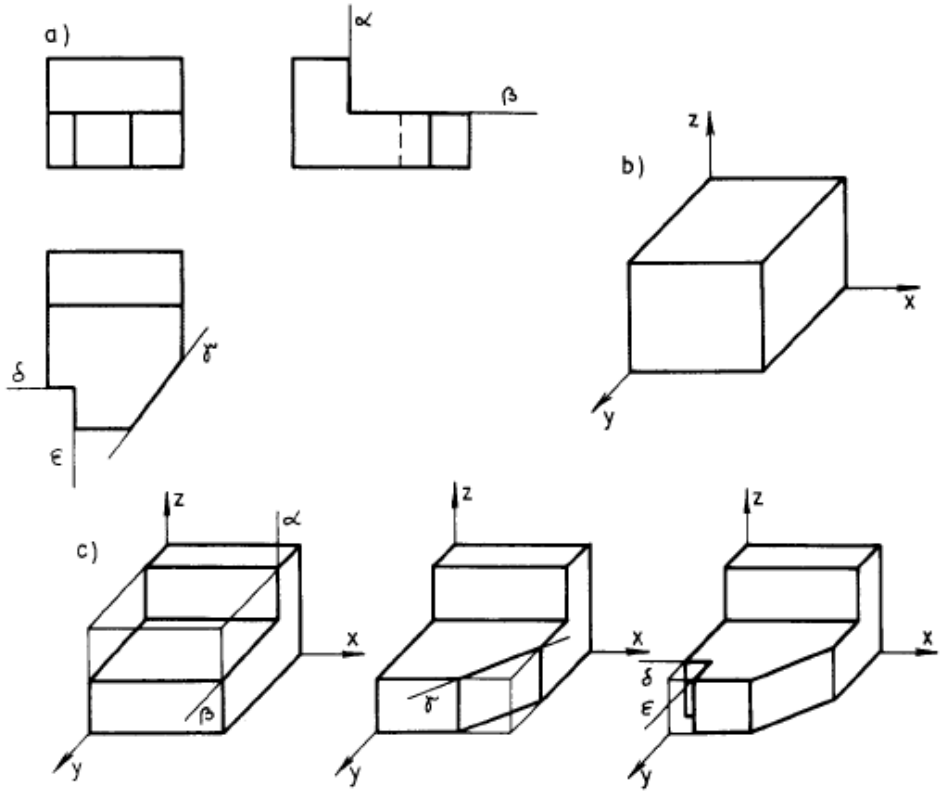


Sl.9.1.1. Raščlanjivanje površina

Prvo se crtaju one površine koje su najjednostavnijeg oblika (ravne površine) I koje su paralelne sa projektnim ravnima (pošto se vide nedeformisane). Zatim se crtaju površine koje stoje pod nekim uglom na projektne ravni. Zatim se crtaju cilindrične I druge krive površine. Treba odabrati takav redosled crtanja površina da se one površine koje su "teže" za crtanje, već dobiju crtanjem prethodnih "lakših".

9.2.METODA ODSECANJA OD OSNOVNOG TELA

Ova metoda se zasniva na odsecanju od prvobitnog, osnovnog tela. Osnovno telo je definisano konturama i gabaritnim merama datih ortogonalnih pogleda (sl. 9.2.1.). Redosled odsecanja nije bitan.

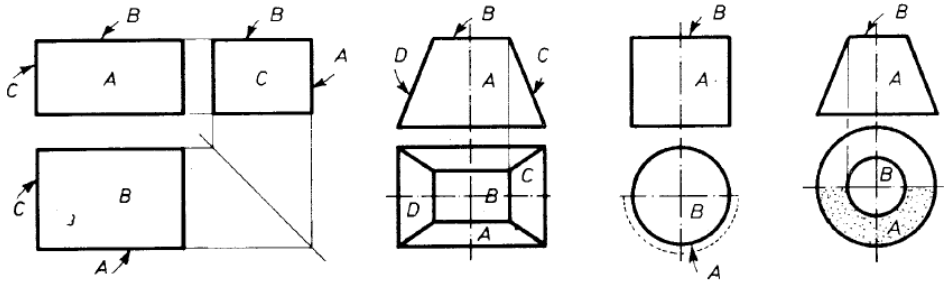


Sl.9.2.1. Redosled odsecanja od osnovnog dela

9.3.METODA RAŠČLANJIVANJA NA OSNOVNA GEOMETRIJSKA TELA

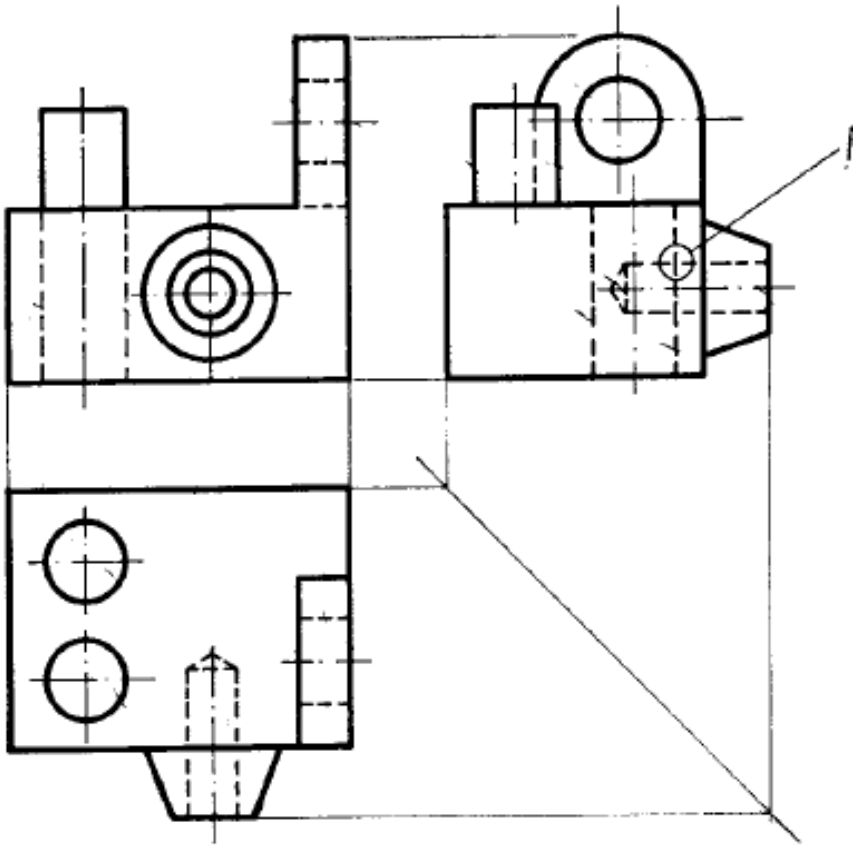
Kod predmeta koji su sastavljeni od pravilnih geometrijskih tela ili njihovih delova, proces prepoznavanja predmeta na osnovu datih ortogonalnih pogleda znatno je brži, jer se odjednom prepoznaje čitavo telo (bez analize njegovih površina).

Na sl. 9.3.1. prikazana su u ortogonalnim pogledima četiri najčešća geometrijska tela sa analizom njihovih površina (vidljivih).

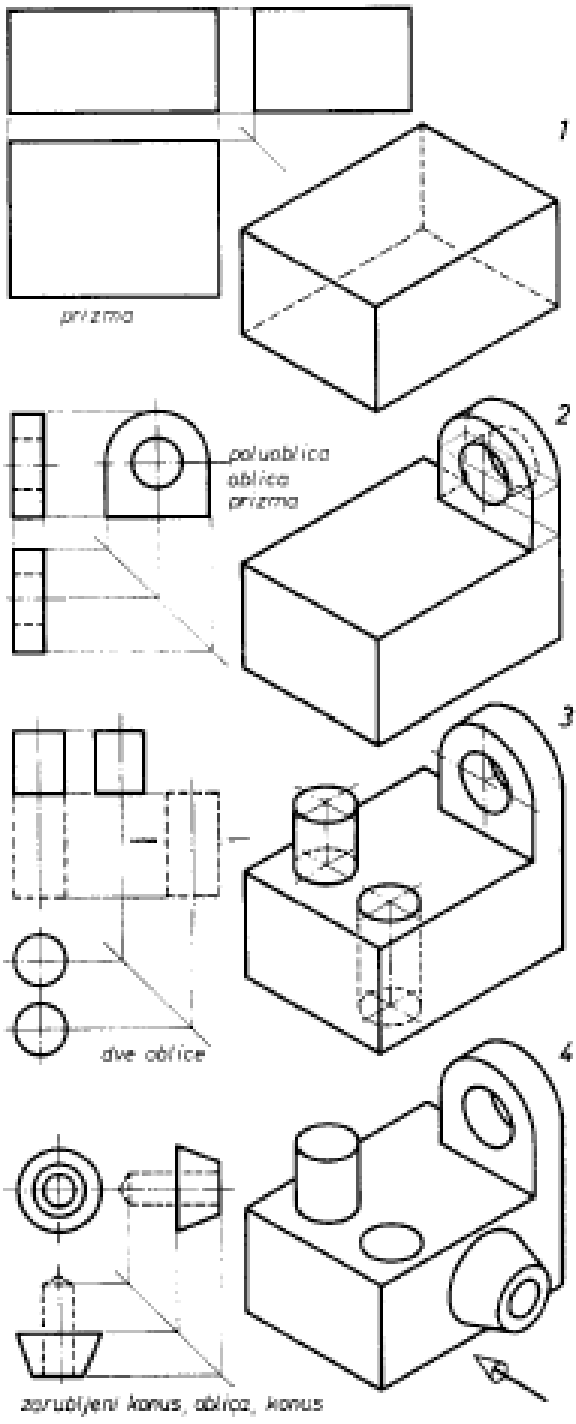


Sl.9.3.1.. Ortogonalni pogled četiri geometrijska tela sa analizom površina

Na slikama 9.3.2. i 9.3.3. dat je raščlanjen postupak "čitanja" sa prikazom "pročitanih detalja u izometriji.



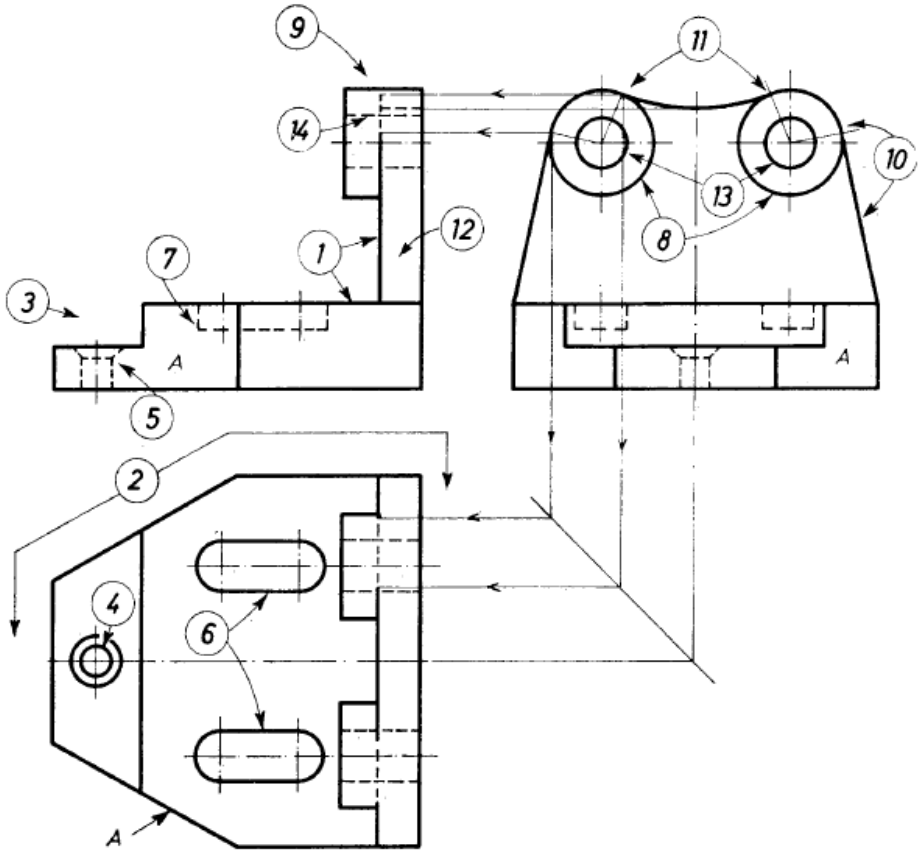
Sl.9.3.2.. Rašljačlanjeni postupak čitanja detalja



Sl.9.3.3.. Rašljačlanjeni postupak čitanja detalja

9.4. ČITANJE ORTOGONALNIH POGLEDA VERBALNOM ANALIZOM

Potpuno rašlanjivanje predmeta na osnovne geometrijske oblike, koje nije uvek lako ni zgodno, najčešće nije ni potrebno. Izvežbani "čitači" čitaju odjednom po više ovakvih oblika koji obrazuju deo predmeta. Brzim sagledavanjem boja datih pogleda i njihove povezanosti, a zatim "šetanjem" iz jednog pogleda u drugi (tj. zamišljenim menjanjem mesta posmatrača) vrši se analiza delova, da bi se na kraju stvorila celovita slika datog predmeta. Primer ovakve verbalne analize dat je uz sliku 9.4.1..



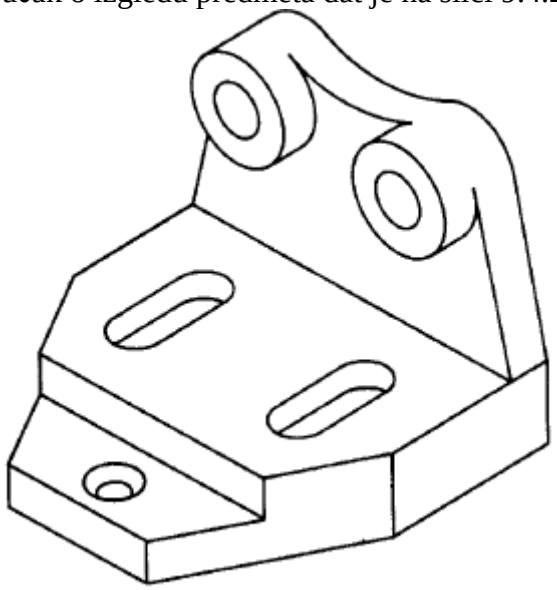
Sl.9.4.1.. Čitanje ortogonalnih pogleda verbalnom analiza

Prvo se konstatuje da je predmet dat u tri pogleda: spreda, odozgo i s leva, i na osnovu središnje linije zaključujemo da je simetričan u odnosu na jednu vertikalnu (frontalnu) ravan. Jedan od mogućih redosleda daljeg čitanja i prepoznavanja predmeta dat je po brojevima uz same poglede:

1. Predmet je L oblika
2. Oblik horizontalne osnove je pravougaonik sa dva odsečena ugla;
3. Debljina osnove na levom kraju smanjena na polovinu;

4. Da li je ovo rupa ili otvor?
5. Obličast otvor sa koničnim upustom;
6. Da li su ovo ispupčenja, urezi ili prorezi;
7. Urezi, ove dubine;
8. Oblice
9. Da, ove dužine
10. Vertikalna ploča ima kose krajeve koji tangencijalno prelaze na oblice (u pogledu spreda i odozgo nema linija prelaza);
11. Vertikalna ploča je gore obličasta i tangencijalno spaja dve oblice (u pogledu odozgo nema linija prelaza);
12. Ploča je ove debljine;
13. Otvori?
14. Da, idu skroz

Sopstveni zaključak o izgledu predmeta dat je na slici 9.4.2. u izometriji.



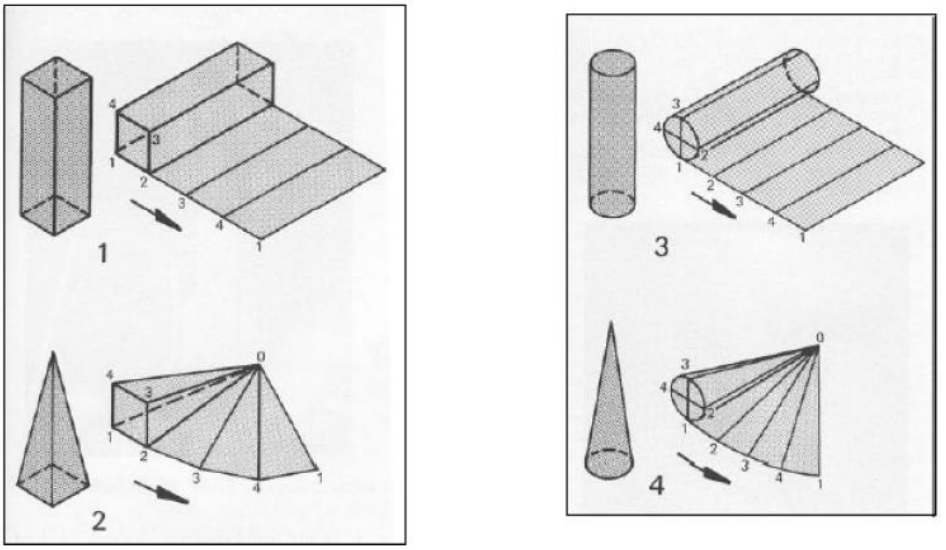
Sl.9.4.2. Zaključak predmeta kao na slici

9.5.KOMBINOVANA METODA

Ova metoda je kombinacija prethodnih. Proces čitanja se odvija u glavi projektanta. Pažljivim posmatranjem ortogonalnih pogleda zamišlja se predmet. Pri tome se koriste za konkretan slučaj najprihvatljivije prethodno pomenute metode. Tek kada se kompletno sagleda predmet, odluči se za metodu aksonometrije i nacrta se.

10.0. RAZVIJANJE POVRŠINA

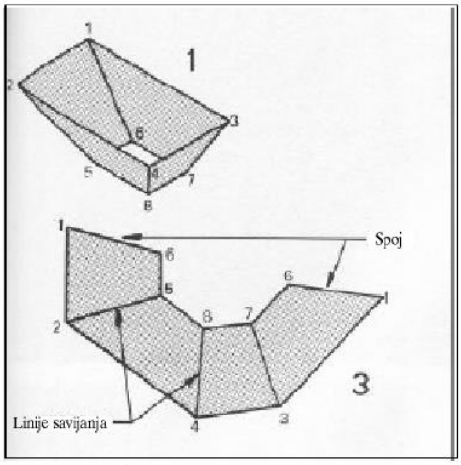
Veliki broj industrijskih i proizvoda široke potrošnje su napravljeni od pljosnatih materijala. Tu se, pre svega, misli na kartonske kutije, slavine cevne instalacije, konzerve ... Da bi se ovakav proizvod mapravio od pljosnatog materijala (karton, lim ...), neophodno je razviti uzorak koji opisuje kako pljosnati materijal mora biti isečen i savijen zbog toga. Uzorak je nacrtan kao razvoj površine iz ortogonalne projekcije proizvoda. Razvoj površine je 2D crtež na papiru koji pokazuje stvarne dimenzije i oblike različitih površina koje grade proizvod. Sa tom "stvarnom" razvijenom površinom je, relativno, jednostavno preneti uzorak na pljosnati materijal i proizvesti proizvod nekom od operacija kao što su sečenje, savijanje, kotrljanje, istezanje ... Dodatne operacije kao što su zakivanje, zavarivanje, lemljenje pomažu da se dođe do konačnog oblika proizvoda.
Četiri najkarakterističnija oblika čije površine mogu biti razvijene su prizma, piramida, cilindar i konus (slika 10.0.1).

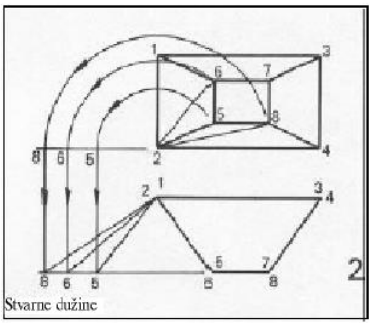


Sl.10.0.1. Razvijene površine

Prizma se razvija u četiri pravougaonika, piramida u četiri trougla, cilindar u pravougaonik a konus u kružni segment.
Na slici 10.0.2, levo gore, je prikazan izgled levka koji treba biti napravljen od lima. Razvijena površina, levo dole, pokazuje uzorak površine lima za sečenje i linije po kojima će se lim savijati da bi se dobio traženi proizvod. Ovde je neophodno da sve linije na uzorku budu u pravoj veličini. Prava

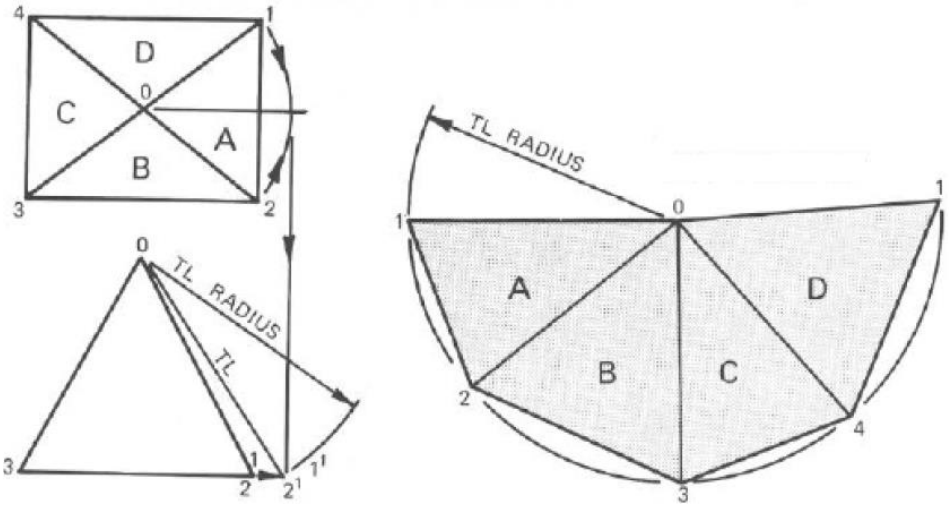
veličina linija se određuje iz ortogonalne projekcije, posebnom metodologijom.





Sl.10.0.2. Razvijena površina levka

Na slici 10.0.3 (levo) prikazana su dva ortogonalna pogleda piramide. Horizontalni pogled obezbeđuje stvarnu veličinu baze, međutim, ni jedan od pogleda ne prikazuje stvarnu veličinu bočnih strana piramide. U cilju dobijanja razvijene površine piramide, neophodno je definisati prave mere bočnih stranica. Stvarne veličine se dobijaju posebnim metodama konstruktivne geometrije.



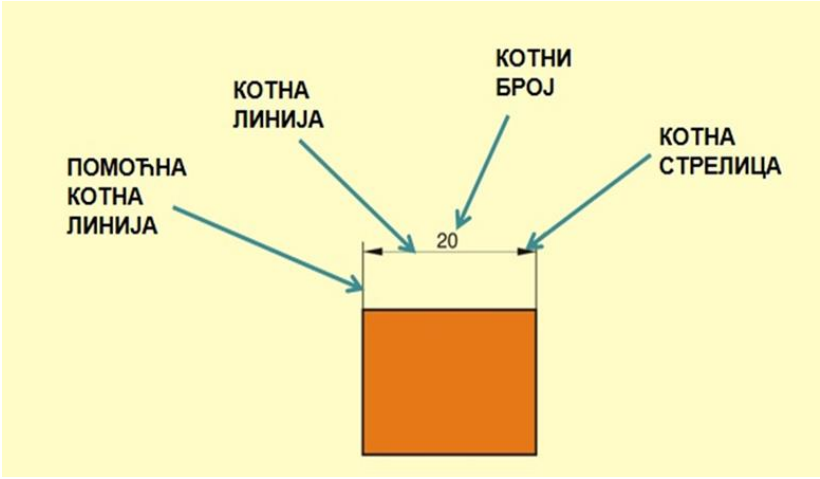
Sl.10.0.3. Razvijena površina piramide

11.0. KOTIRANJE – DIMENZIONISANJE

1. Osnovni elementi kotiranja

Kotiranje predstavlja potpuno definisanje dimenzija objekta koji je prikazan na crtežu. Kote upisane na crtežu predstavljaju mere gotovog komada bez obzira na razmeru u kojoj je crtež nacrtan.

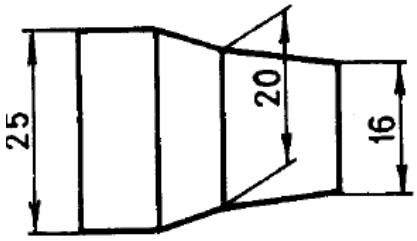
Osnovni elementi kota su: pomoćna kotna linija, kotna linija, kotni završetak (strelica) i kotni broj (sl. 11.0.1). Osim ovih elemenata mogu se koristiti i: pokazna linija, početni kružIć, tačka, crtica.



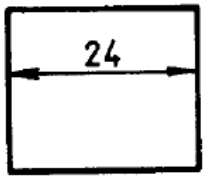
Sl.11.0.1. Osnovni elementi kota

2. Pomoćna kotna linija

Pomoćna kotna linija se crta u produžetku konturnih linija predmeta koje se kotiraju ili, ako je malo mesta, pod proizvoljnim uglom (sl. 110..2). Mogu izostati pomoćne kotne linije (sl. 11.0.3), ako unutar konture predmeta ima mesta za ostale elemente kotiranja.

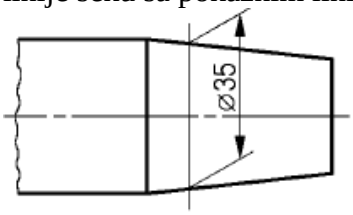


Sl.11.0.2.

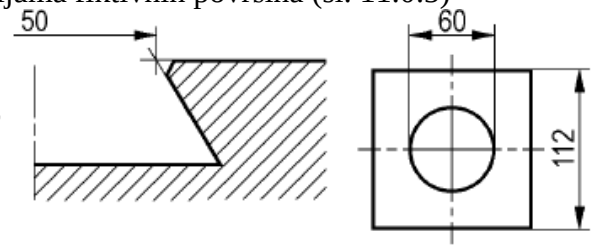


Sl.11.0.3.

Ako se kotira neki od prečnika konusne površine, tada se pomoćne kotne linije povlače od pokazne linije pod nekim proizvoljnim uglom (sl. 11.0.4). Kada se kotira neka fiktivna površina predmeta, tada se pomoćne kotne linije seku sa pokaznim linijama fiktivnih površina (sl. 11.0.5)



Sl. 11.0.4



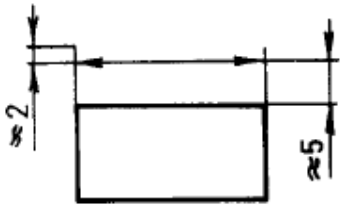
Sl. 11.0.5.

3. Kotna linija

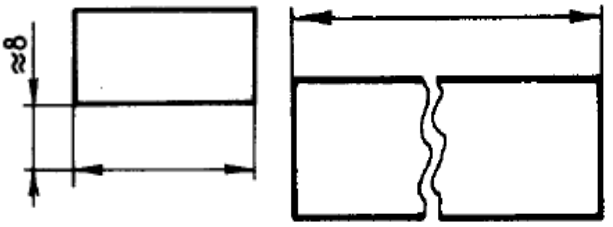
Kotna linija je paralelna sa konturom predmeta koja se kotira (sl.11.0. 6). Rasojanje između konturne i kotne linije kreće se približno od 5 do 8 mm, zavisno od visine kotnog broja I od toga gde se on nalazi (sl. 110.7). Pomoćna kotna linija prelazi glavnu liniju za oko 2 mm. Ako se skraćuje pogled, kotna linija se ne prekida (sl. 11.0.8). Pomoćna i kotna linija se crtaju linijom tipa B.



Sl.11.0.6.



Sl.11.0.7.

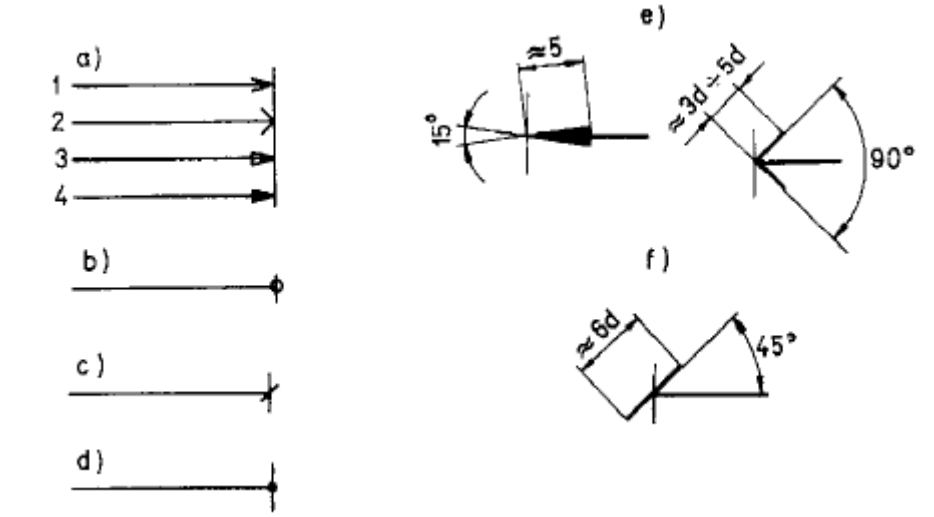


Sl,11.0.8.

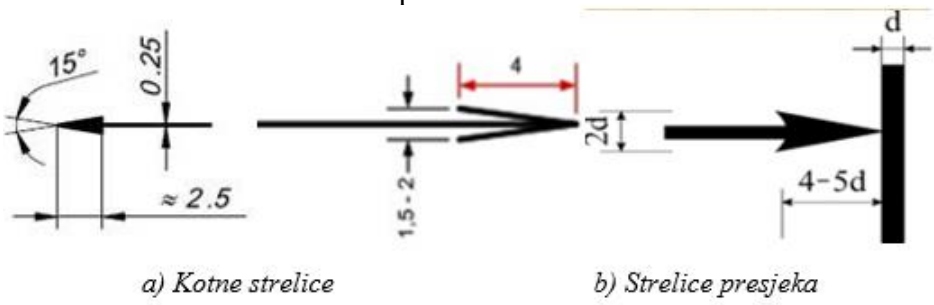
4. Kotni završetak

Kotni završetak je obično strelica različitih oblika (sl. 11.0.9). Površina predmeta koja predstavlja bazu paralelnog kotiranja označava se početnim

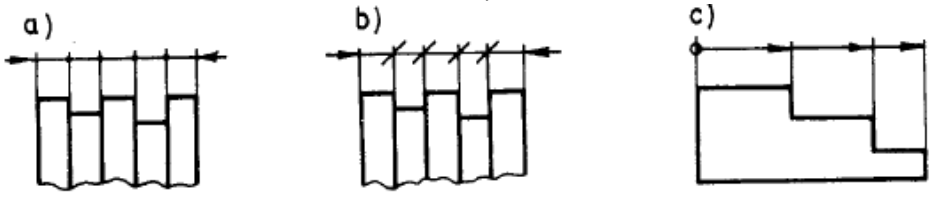
kružIćem. Ako su mala rastojanja između pomoćnih kotnih linija, umesto strelice može se koristiti kosa crtica ili tačka (sl. 11.0.10). Kotna strelica može da se piše i unutar pomoćnih linija ili sa spoljašnje strane (sl. 11.0.11)



Strelice-primena u mašinstvu



Sl.11.0.9. Strelica, različiti oblici

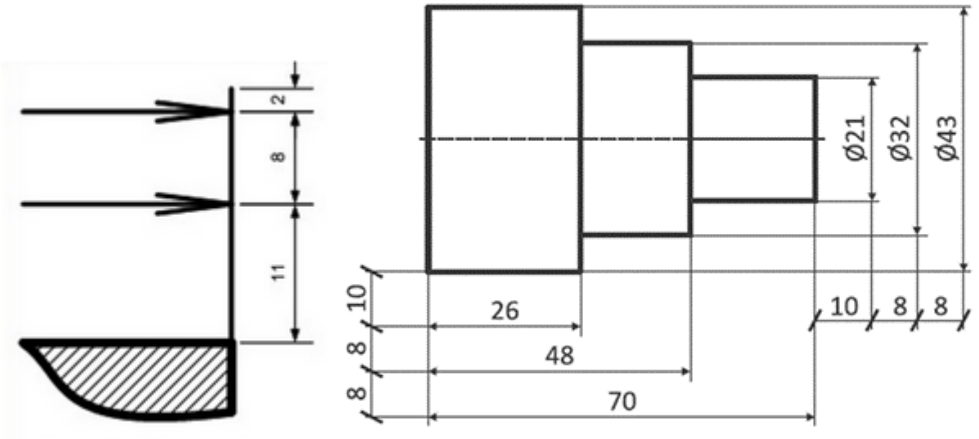


Sl.11.0.10. Dozvoljeno korišćenje različitih oblika završetka kotne linije(zbog malog prostora)



Sl.11.0.11. Moguće iscrtavanje kotne strelice

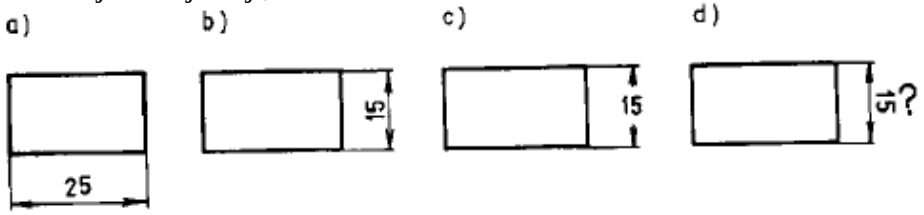
Međusobno ostojanje kotnih linija, sl.11.0.10/a, pokazano na primeru stepenaste osovinice.



Sl.11.0.10/a

5. Kotni broj

Kotni broj predstavlja vrednost dimenzije na predmetu u mm (na crtežima u mašinstvu), bez obzira na to koja je razmera crtanja. Piše se da se može čitati sa leva na desno i to prvenstveno na sredini kotne linije. Ako nema dovoljno mesta na kotnoj liniji za ispisivanje kotnog broja, koristi se pokazna linija pored koje stoji kotni broj ispisan horizontalno. Kotni broj se piše, pre svega, paralelno sa kotnom linijom ili, ako to nije zgodno zbog ugla pod kojim je kotna linija, tada su kotni brojevi horizontalni na prekinutoj kotnoj liniji, slika 11.0.12.



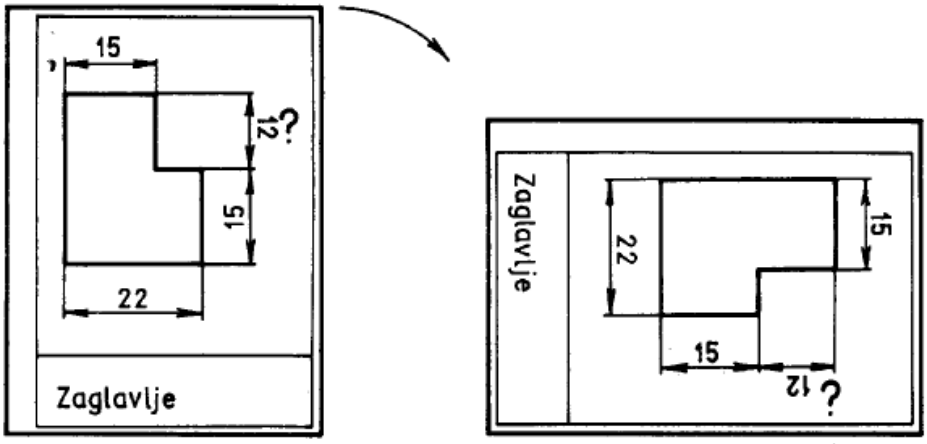
Sl.11.0.12. Dozvoljeno način pisanja kotnog broja

6. Položaj teksta na elmentima kotiranja

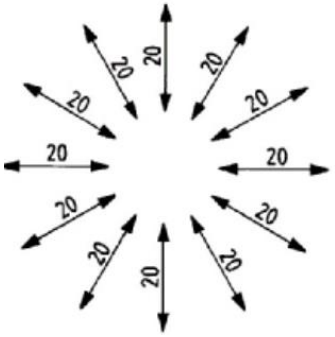
Pravilan način ispisvanja kotnih veličina prikazano je na slikama Sl.(11.0.13., 11.0.14., 11.0.15.,11.0.16., 11.0.17., 11.0.18.) :

- Kotni brojevi moraju biti apsolutno čitljivi, prilagođeni veličini nacrta, kotni se brojevi upisuju iznad kotne linije:
- kod horizontalnih linija: normalno slijeva nadesno,

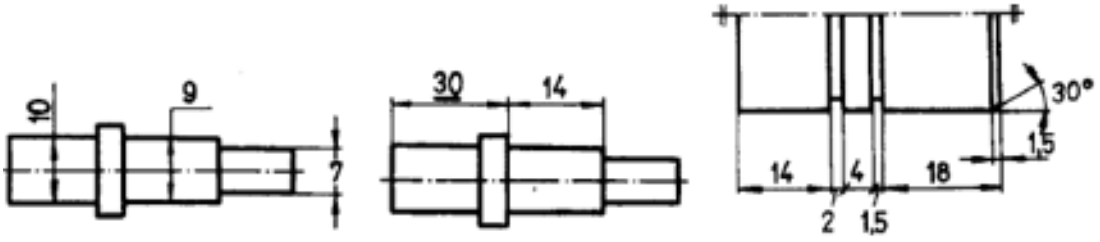
- kod vertikalnih linija: s lijeve strane, odozdo nagore,
- u desnom gornjem i lijevom donjem kvadrantu: slijeva dolje nadesno gore i
- u lijevom gornjem i desnom donjem kvadrantu: slijeva gore nadesno dolje.



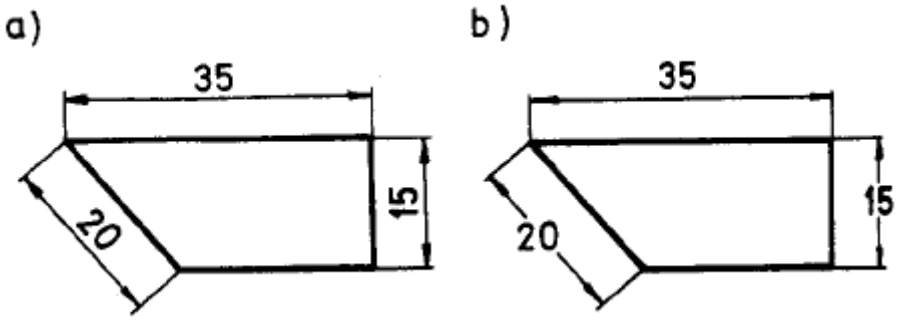
Sl,11.0.13. Način ispisivanja kotnih brojeva u radioničkim crtežima



Sl.11.0.14. Polažaj kotnih brojeva na kružnim elmetima kotitranja

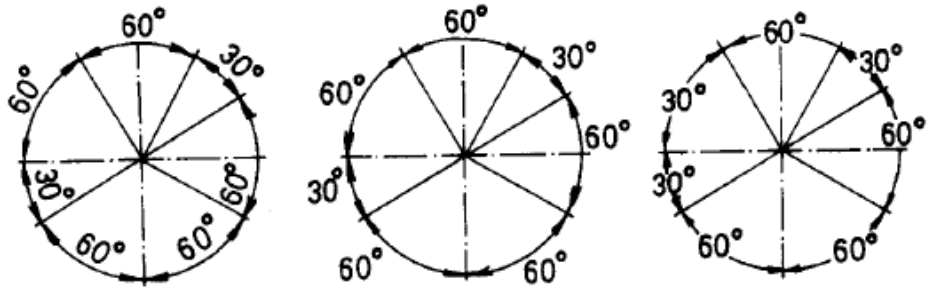


Sl.11.0.15.



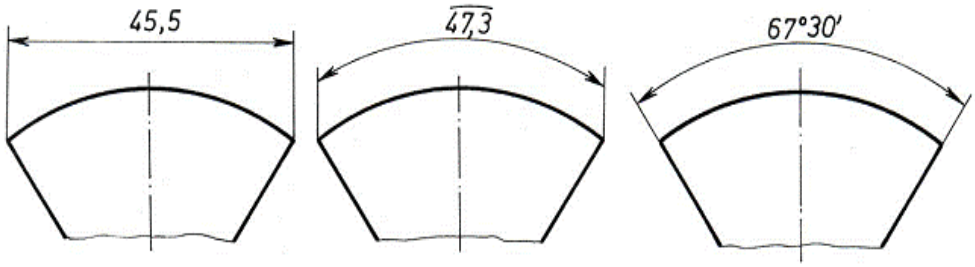
Sl.11.0.16. Pravilan način ispisivnja veličina kod kotnih linija pod uglom

Uglovi se kotiraju tako da kotni broj predstavlja vrednost ugla u stepenima slika 11.17.

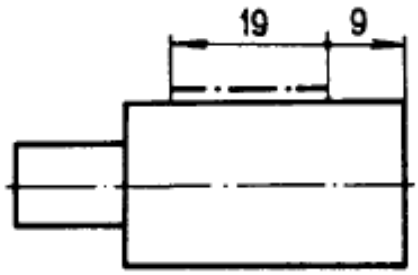


Sl,11.0.17. Kotiranje uglova

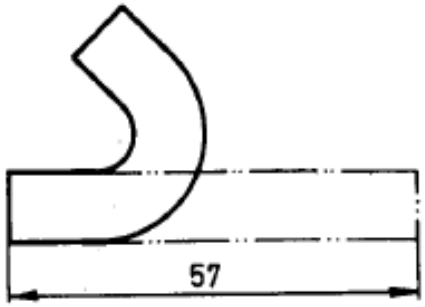
Kotiranje tetive luka i ugla luka dat je na slici 11.0.18. Kotiranje dela predmeta sa nekim posebnim zahtevom, definisanim linijom tipa J prikazano je na sl. 11.0.19. Kotiranje dela predmeta pre definitivnog oblikovanja prikazano je na sl 11.0.20.. U ovom slučaju linija tipa K ima status linije tipa A, što znač I da se može kotirati.



Sl.11.0.18.Kotiranja luka i ugla



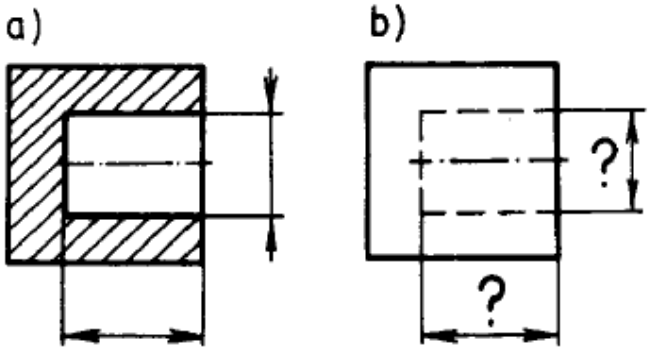
Sl.11.0.19.



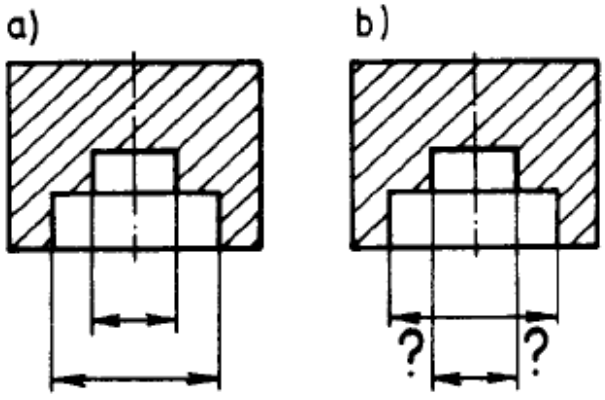
Sl.11.0.20.

11.1. OSNOVNA PRAVILA KOTIRANJA

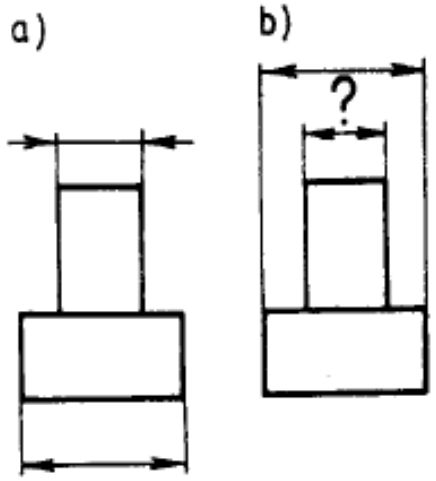
Pomoćne kotne linije ne mogu polaziti od isprekidanih linija (sl. 11.1.1), ne mogu se bespotrebno sećI (sl. 11.1.2) i ne treba da budu suviše dugačke (sl.11.1. 3)



Sl.11.1.1.

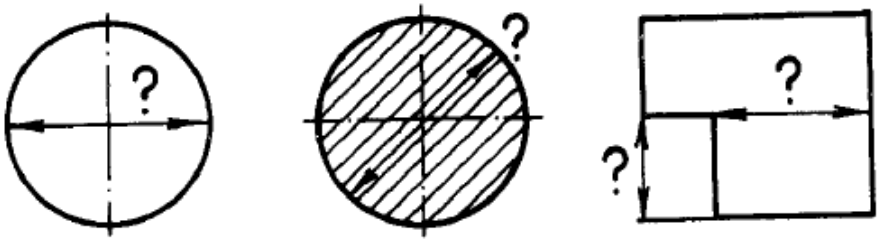


Sl.11.1.2.



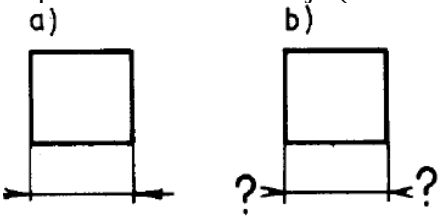
Sl.11.1.3.

Kotna linija ne sme da ležI na osnoj, na konturnoj, niti da je u produžetku konturne linije I ne sme da bude paralelna sa linijama šrafure (sl. 11.1.4)

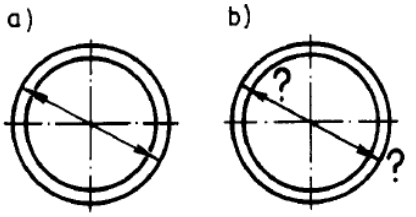


Sl.11.1.4.

Kotna strelica ne sme biti sama bez kotne linije (sl. 11.1.5). Ako mora da se seče kotna strelica i konturna linija, prednost ima strelica I na tom mestu se prekine konturna linija (sl. 11.1.6)

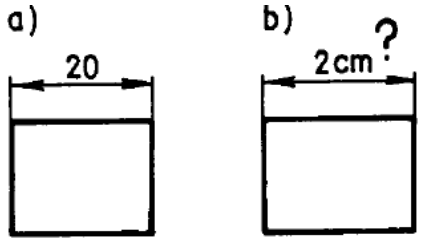


Sl.11.1.5.



Sl.11.1.6.

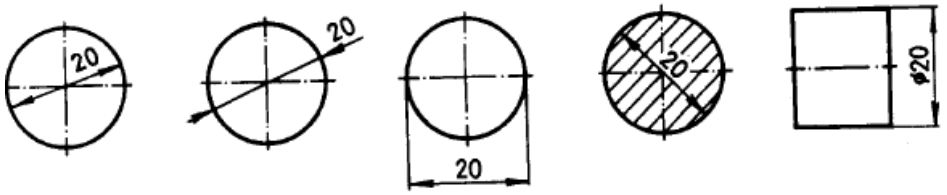
Kotni broj, na crtežima u mašinstvu, mora biti izražen u mm (sl.11.1.7)



Sl.11.1.7.

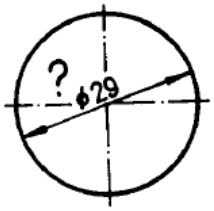
11.2. KOTIRANJE KRUŽNIH POVRŠINA

Kotiranje kružnih površina prikazano je na sl. 11.2.1.. Kotni broj predstavlja vrednost prečnika. Kada se kružnica ne projektuje kao kružnica, ispred kotnog broja stavlja se oznaka ϕ.

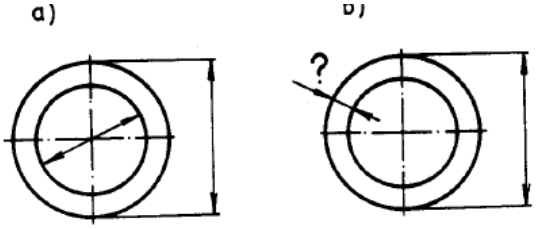


Sl.11.2.1.

Ova oznaka se ne stavlja ispred vrednosti prečnika kruga u pogledu kada se projektuje kao krug (sl.11.2.2.). Ako su dve kružnice na istoj osnoj liniji, na pr. kod cevi, kotiraju se tako da se daju vrednosti prečnika obe kružnice, a ne debljina cevi (sl. 11.2.3.).

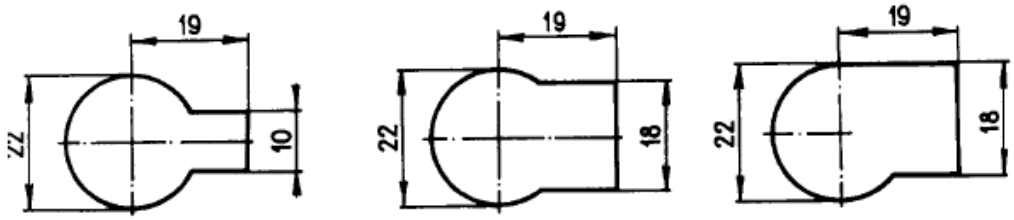


Sl.11.2.12.



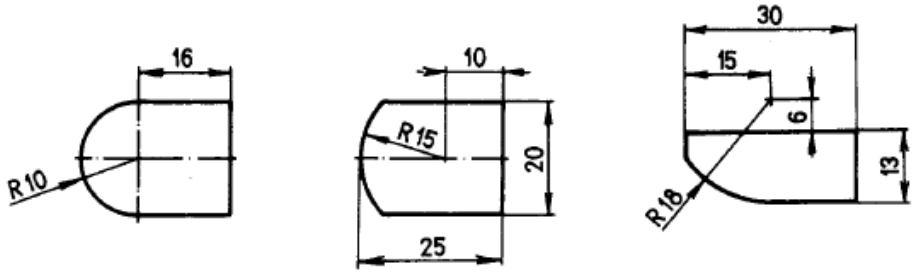
Sl.11.2.3.

Kružne površine kotiraju se zavisno od toga da li je cela kružnica ili njen deo. Ako je kružnica cela ili manja od cele (do polovine) kotira se tako što se daje vrednost prečnika (sl. 11.2.4)

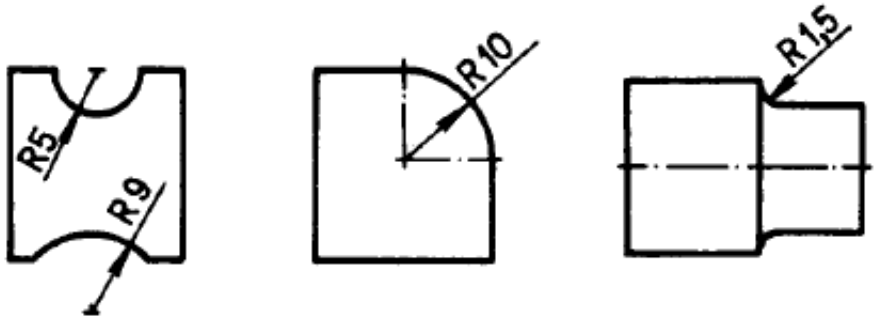


Sl.11.2.4.

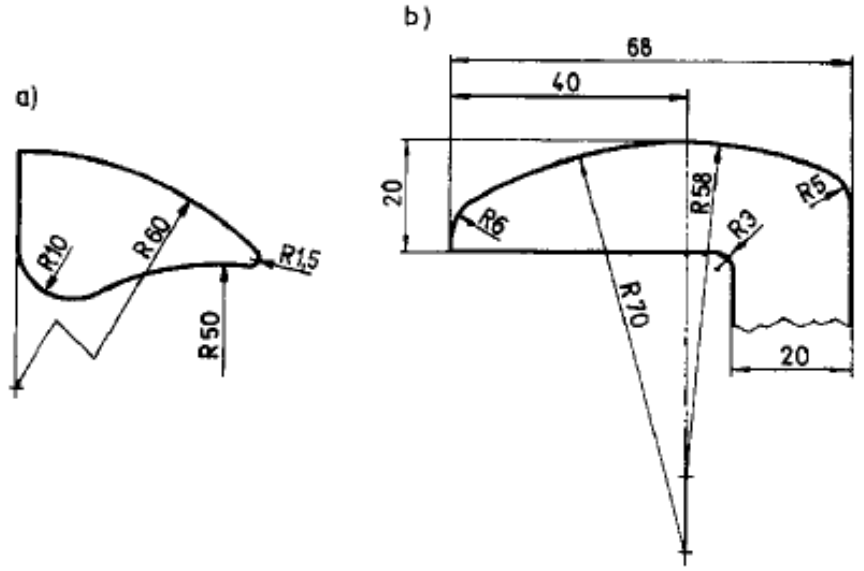
Ako je polovina kružnice i manja od polovine, kotni broj predstavlja poluprečnik kružnice, ispred koga stoji oznaka R. Na sl. 11.2.5. prikazano je kotiranje polovine kružnice i manje od polovine, kao i kotiranje položaja delova kružnice, odnosno radijusa. Položaj centra kružnice se ne kotira kada su radijusi mali, odnosno kada je centar blizu (sl.11.2.6.). Ako je centar kružnice daleko, kotna linija je izlomljena (sl.11.2.7.).



Sl.11.2.5..



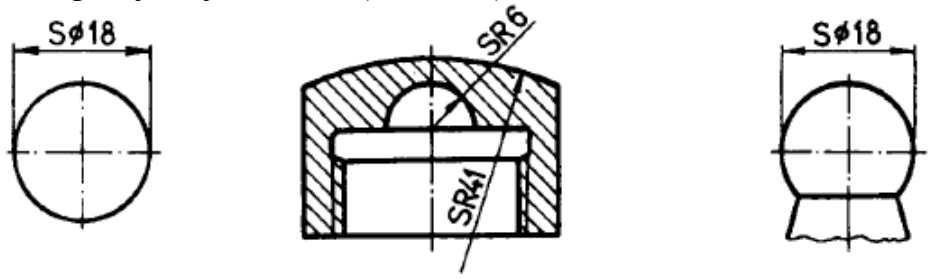
Sl.11.2.6..



Sl.11.2.7.

11.3. KOTIRANJE KUGLE (SFERE)

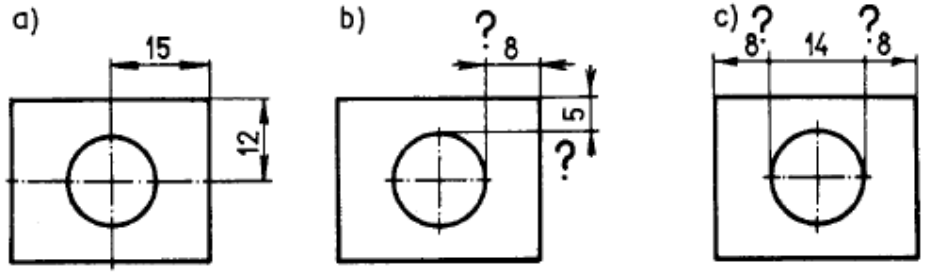
Kugla se kotira tako što se ispred kotnog broja stavlja oznaka S (sfera). Ako je kugla cela ili deo kugle, sve do polovine, onda se ispred kotnog broja stavlja oznaka φ. Ako je polovina kugle ili manje od polovine ispred kotnog broja stoji oznaka R (sl. 11.3.1.)



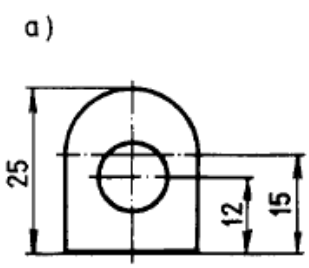
Sl.11.3.1.

11.4. KOTIRANJE POLOŽAJA KRUŽNIH POVRŠINA

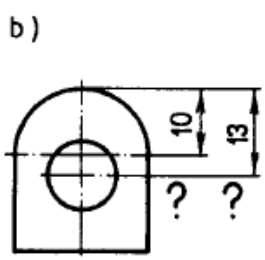
Kotiranje položaja kružnih površina je pravilno kada su kote do osnih linija (do centra kruga) kao što je dato na sl.11.4.1. Kotiranje ne može da bude od krivih površina već samo od ravnih (sl 11.4.2.). Ako nema ravnih površina položaj sev kotira od osnih linija (sl. 11.4.3.). Mogu se kotirati I kružne površine ako su gabaritne (najveće).

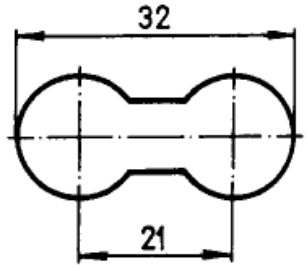


Sl.11.4.1.



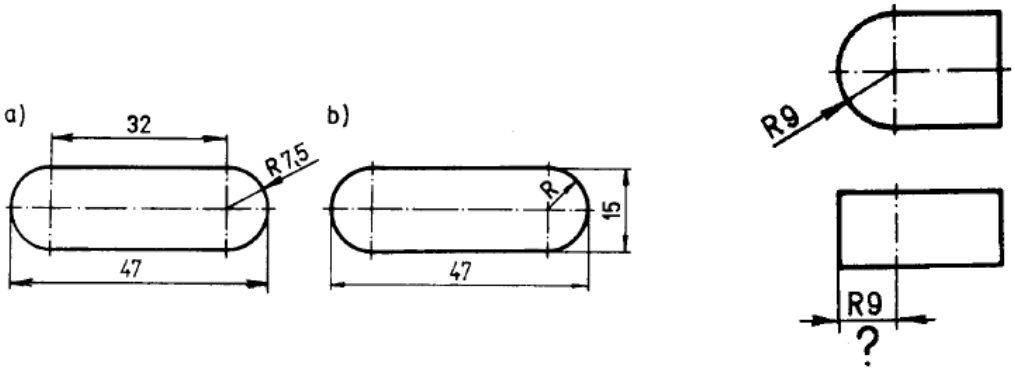
Sl.11.4.2..





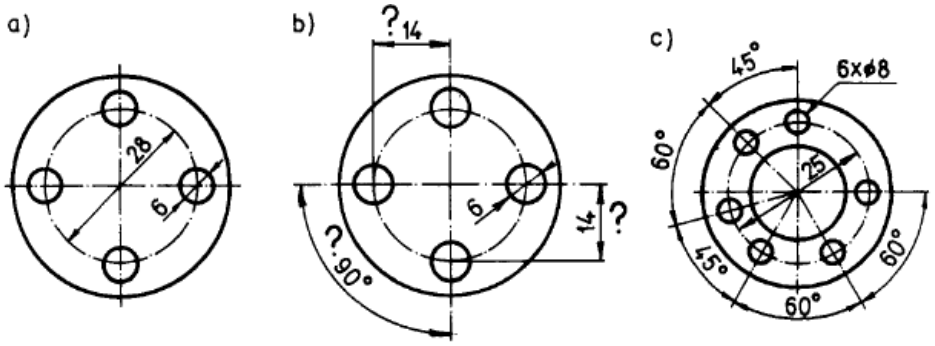
Sl.11.4.3..

Kotiranje kružnih površina (na pr. klinova i žlebova za klinove) može biti na jedan od načina prikazan na sl. 11.4.4. Radijus se kotira samo u onom pogledu gde se vidi kao radijus.



Sl.11.4.4.

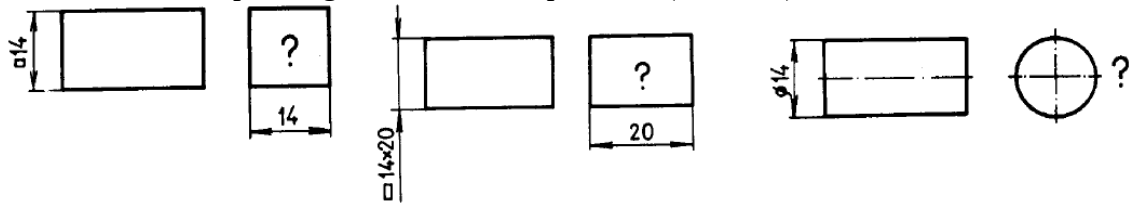
Položaj kružnih površina kada se nalaze na osnom krugu kotiraju se tako što se daje prečnik osnog kruga. Ako se jasno vidi ugao položaja krugova on se ne mora kotirati, a ako su krugovi pod različitim međusobnim uglovima tada se moraju kotirati (sl. 11.4.5.)



Sl.11.4.5.

11.5. DODATNE OZNAKE ISPRED KOTNIH BROJEVA

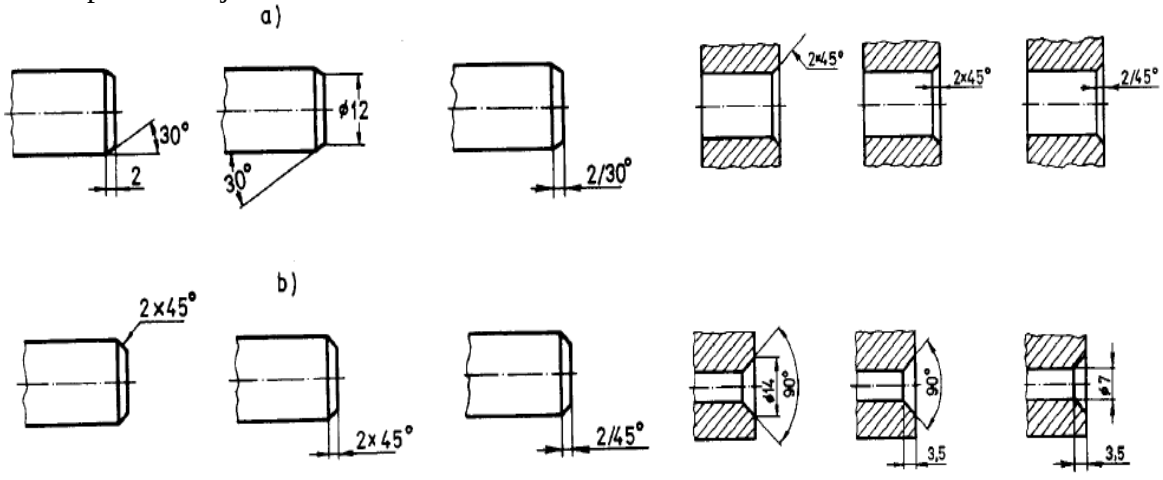
Ispred kotnih brojeva osim oznake φ, R i S koriste se oznake u vidu kvadratića i pravougaonika za ravne površine (sl.11.5.1).



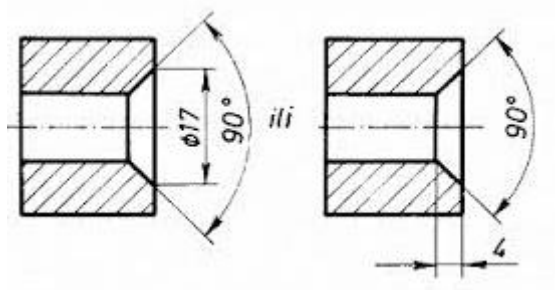
Sl.11.5.1.

11.6. KOTIRANJE OBORENIH IVICA (ZAKOŠENJA)

Kotiranje oborenih ivica na spoljašnjem i unutrašnjem delu predmeta prikazano je na sl. 11.6.1.



Sl.11.6.1/a.Kotiranje oborenih i upuštenih ivica

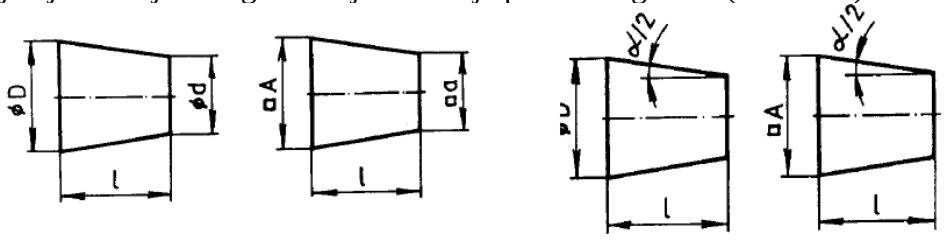


Sl.11.6.1/b.Kotiranje oborenih i upuštenih ivica

Ako oborene ivice nemaju neku određenu ulogu i funkciju na predmetu, već su u funkciji zaštite, ne moraju se posebno naznačabvati. Dovoljno je na crtežu, u napomeni, napisati "oštre ivice oboriti sa 1/45o". To isto važI i za livačke radijuse. Da ih ne bi kotirali u napomeni se naznači "svi livački radijusi R3".

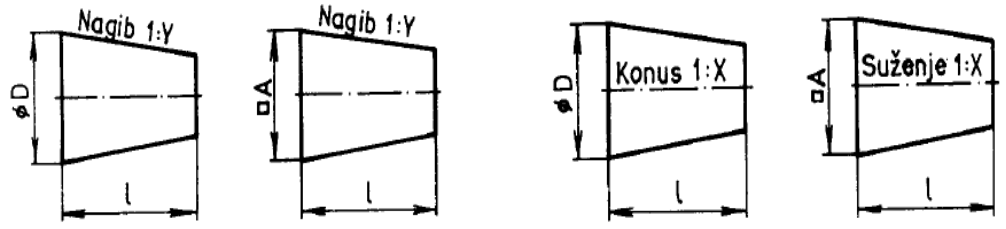
11.7. KOTIRANJE NAGIBA, KONUSA I SUŽENJA

Kotiranje nagiba i suženja na crtežima može biti na više načina, zavisno od toga za koje je kote bitno da budu tačne (u okviru tolerancija), od načina izrade, funkcije predmeta itd.
Prvi način je da se kotiraju oba prečnika i dužina predmeta na kome se javlja suženje. Drugi način je kotiranje pomoću ugla a/2 (sl. 11.7.1)

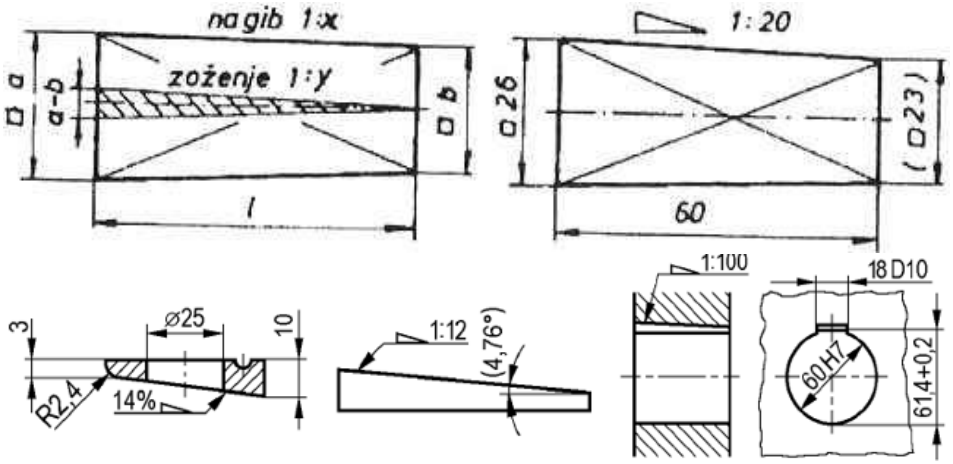


Sl.11.7.1. Razni primeri kotiranja nagiba, uglova i suženja

TrećI način je kotiranje vrednosti nagiba. Četvrti način je kotiranje konusa ili suženja (sl. 11.7.2.).



Sl.11.7.2. Kotiranjae nagiba i konusa



Sl.11.7.2. Kotiranjae nagiba i konusa

11.8. NAČINI KOTIRANJA

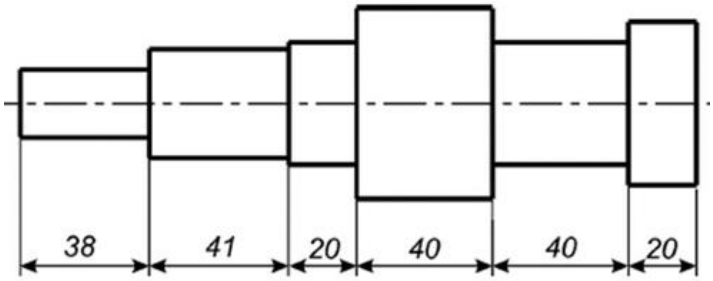
Način kotiranja predmeta na crtežu zavisi od konstruktivnog izgleda predmeta, načina izrade, funkcije predmeta u nekom sklopu, tačnosti izrade itd.

Postoje četiri načina kotiranja:

- redni,
- paralelni
- Simetrično i
- kombinovani.

11.9. REDNO KOTIRANJE

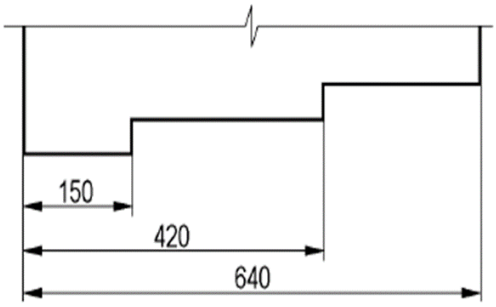
Kod rednog kotiranja sl.11.9.1. kote su u jednom redu (lancu) koristi se onda kada je bitno da svaka kota bude tačna u granicama zadatih tolerancija, a ne ukupna dužina. Vrednost kote ukupne dužine zavisiće od grešaka I odstupanja pojedinačnih kota u lancu.

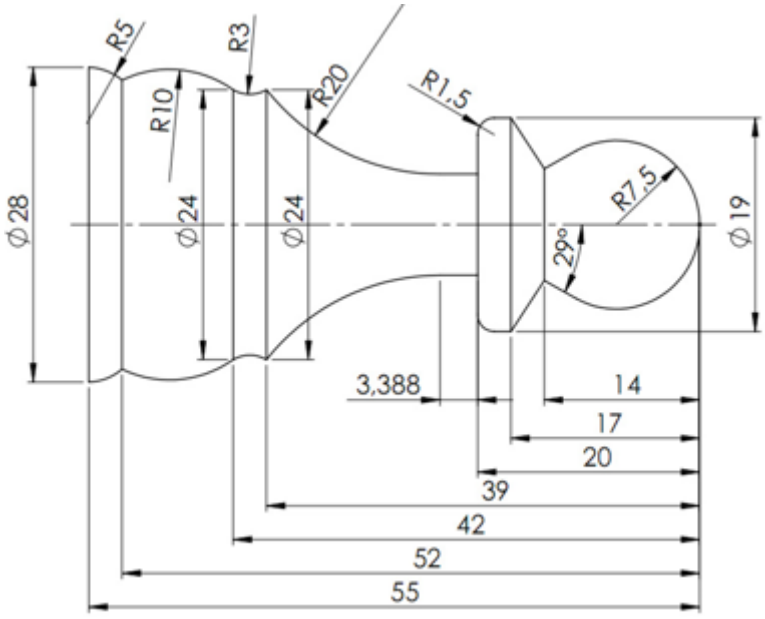


Sl.11.9.1. Redno kotiranje

11.10. PARALELNO KOTIRANJE

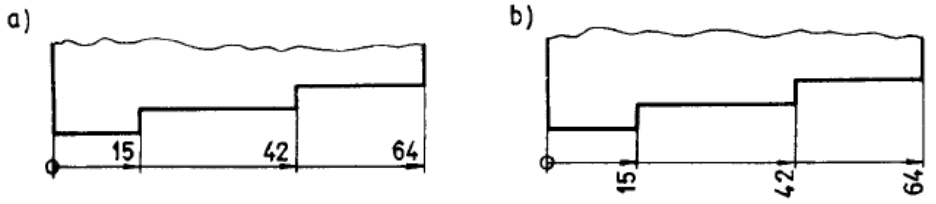
Kod paralelnog kotiranja pojedinačne kote se daju u odnosu na jednu površinu predmeta koja se zove baza kotiranja. Koristi se kada je bitna tačnost pojedinih mera od baze kotiranja a ne međusobno rastojanje (sl.11. 10.1.).





Sl.11.10.1.Paralelno kotiranje

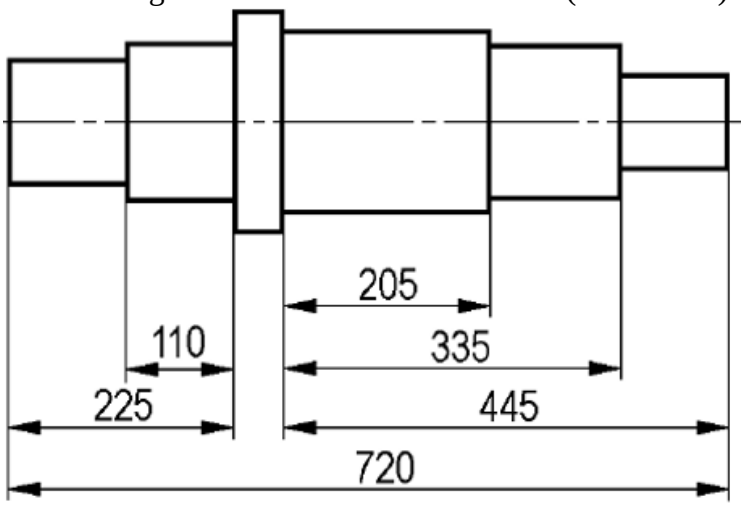
Da bi se izbegao veliki prostor koji je potreban za paralelno kotiranje može se kotirati uprošćeno paralelno (sl. 11.10.2.).



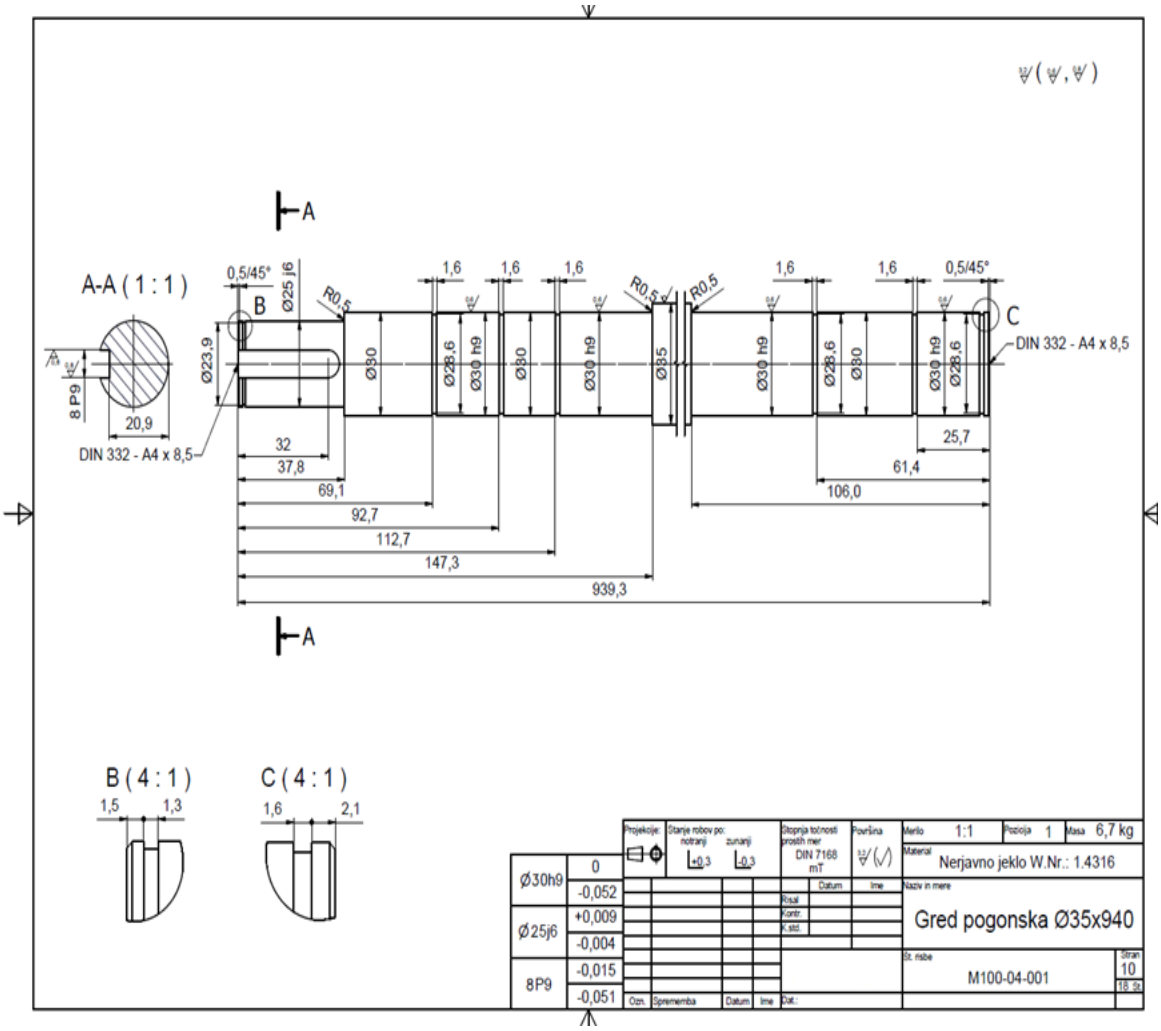
Sl.11.10.2. Uprošćeno paralelno kotiranje

11.11. KOMBINOVANO KOTIRANJE

Redno i paralelno kotiranje imaju nedostataka u pogledu tačnosti izrade pojedinih mera. Stoga se koristi kombinovani način (sl. 11.11.1.)



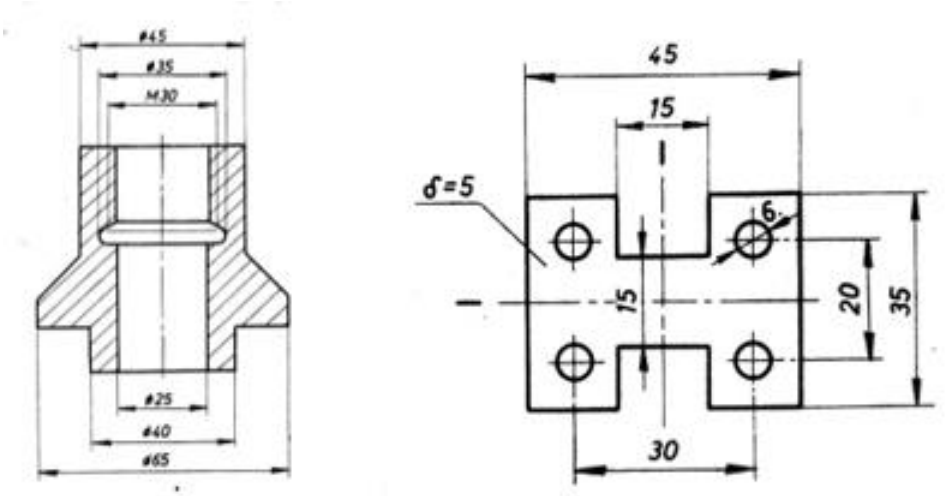
Sl.11.11.1. Kombinovano kotiranje



Sl.11.11.1/a Radionički crtež pogonskog vratila kotiran kombinovanim načinom

11.12. SIMETRIČNO KOTIRANJE

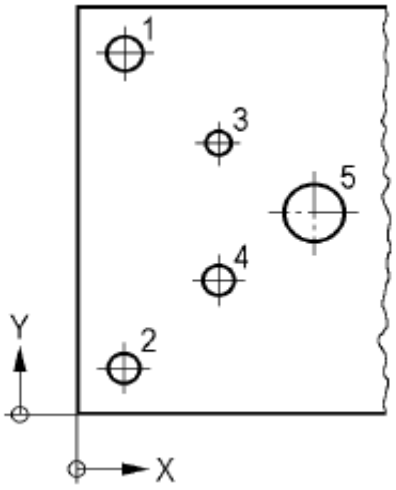
Simetrično kotiranje izvodi se kod komada simetričnih u odnosu na jednu ili dve njegove ose, slika 11.12.1.



Sl.11.12.1. Simetrično kotiranje

11.13. UPROŠĆENJA PRI KOTIRANJU

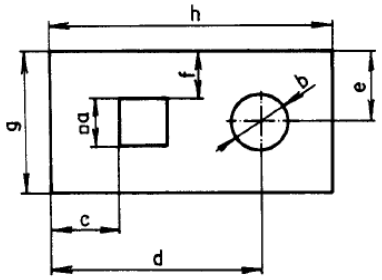
Da bi kotiranje bilo jednostavnije, crtež pregledniji, a izrada crteža racionalnija koriste se razna uprošćenja pri kotiranju. Jedno od uprošćenja je koordinatno kotiranje (sl. 11.13.1.). Položaji otvora obeleženi brojevima su kotirani uprošćeno paralelno, pomoću koordinata x i y (pomoću tablice).



	X	Y	⌀
1	20	160	15,5
2	20	20	13,5
3	60	120	11
4	60	60	13,5
5	100	90	26
6			
7			
8			
9			
10			

Sl.11.13.1. Kotiranje položaja rupa na limu sistemom uprošćenja

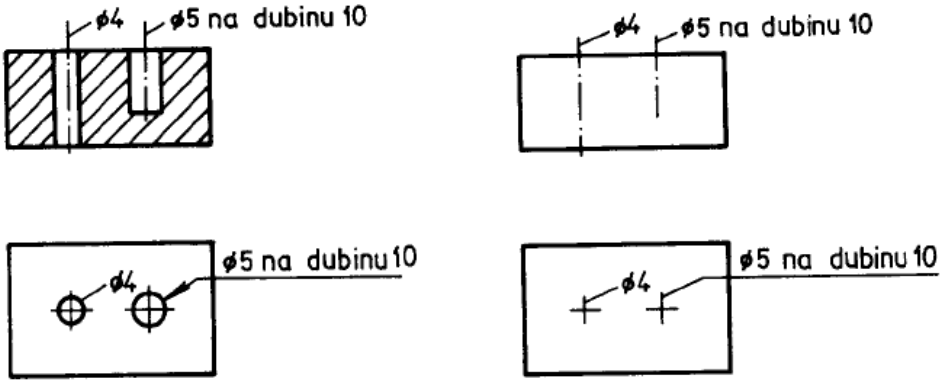
Ako se jedan predmet istog konstruktivnog oblika radi u više varijanti vrednosti kota, zbog racionalizacije, kote su označene slovima (sl.11.13.2.).



Parametri	Varijante		
	1	2	3
a	10	12	6
b	12	16	8
c	15	20	10
d	45	60	40
e	15	26	20
f	10	20	14
g	30	52	40
h	60	80	52

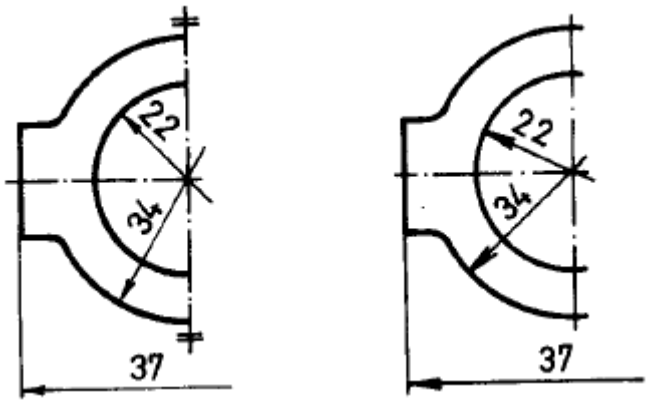
Sl.11.13.2. Uprošćenje kotiranjem

Otvori manjih dimenzija mogu se kotirati tako da se ne crtaju pomoćne kotne i kotne linije, odnosno može da ih zameni pokazna linija pored koje stoji kotni broj. Male otvore je moguće i ne prikazivati, dovoljno je nacrtati osne linije, a kote pojašnjavaju šta osne linije predstavljaju (sl. 11.13.3.)



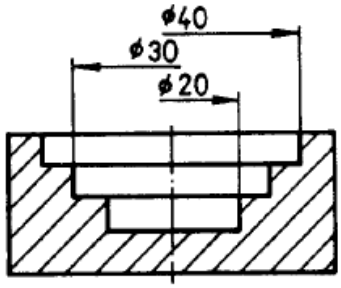
Sl.11.13.3. Uprošćeno kotiranje otvora

Kotiranje simetričnih, uprošćeno nacrtanih predmeta (kada se crta samo polovina pogleda) prikazano je na sl.11.13.4. Kotne linije prelaze osnu liniju, a kote imaju vrednost koja se odnosi na celu konturu, a ne onu nacrtanu.



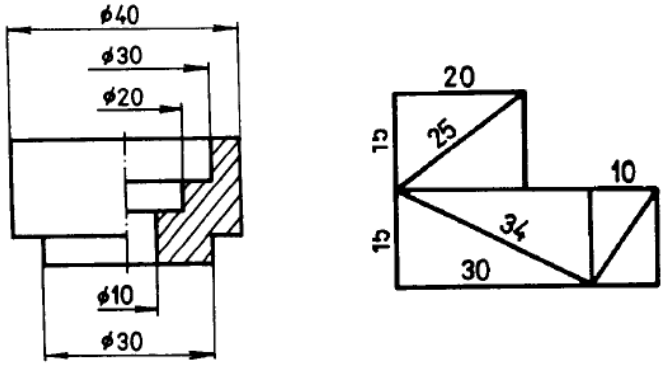
Sl.11.13.4. Uprošćeno kotiranje simetričnih oblika

Kada ima potrebe za manjim razmakom između kotnih linija, može se izostaviti druga strelica (sl. 11.13.5.)



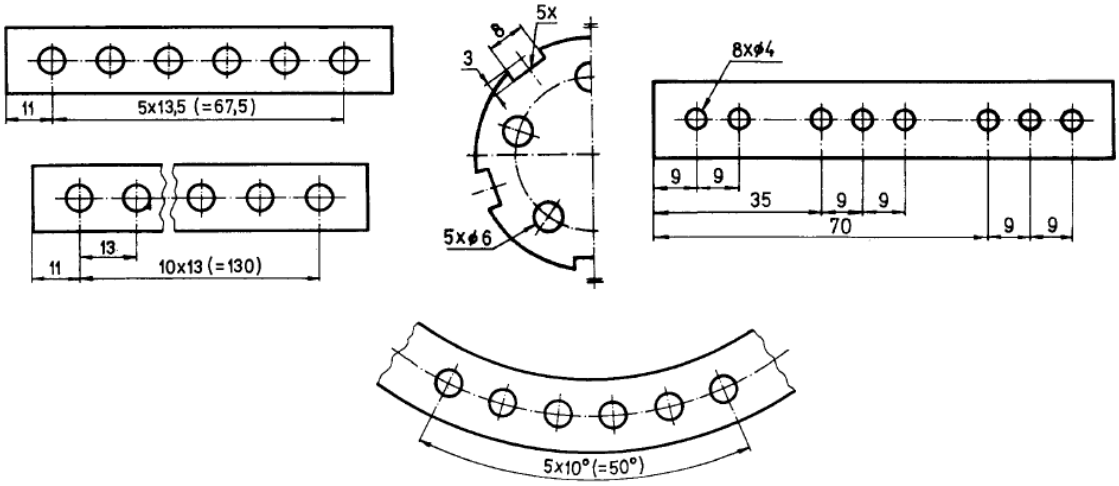
Sl.11.13.5. Uprošćenje zbog manjeg prostora za kotnom linijom

Druga strelica se izostavlja uvek pri kotiranju unutrašnjeih detalja polovičnog preseka (sl. 11.13.6.)
Mogu se, osim pomoćnih i kotnih linija izostaviti i pokazne linije i kotni završeci, sve osim kotnih brojeva. Takav primer dat je na uprošćenom prikazu rešetkastog nosača. Kada bi se ovaj crtež kotirao sa svim elementima, bez uprošćenja, bio bi vrlo nepregledan.



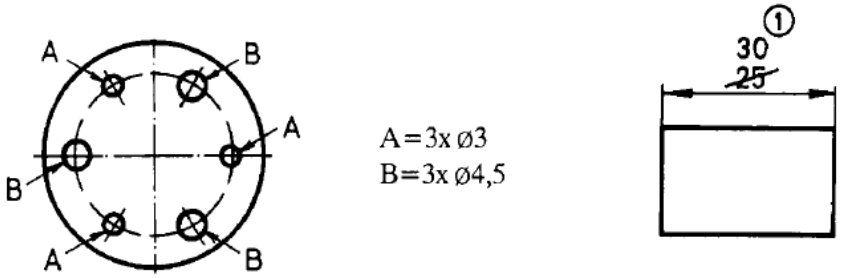
Sl.11.13.6.

Uprošćeno redno kotiranje razmaka istih detalja predmeta koji se ponavljaju, istih i grupisanih detalja dato je na sl.11.13.7.. Isti princip važi za kotiranje položaja detalja koji su definisani uglom.



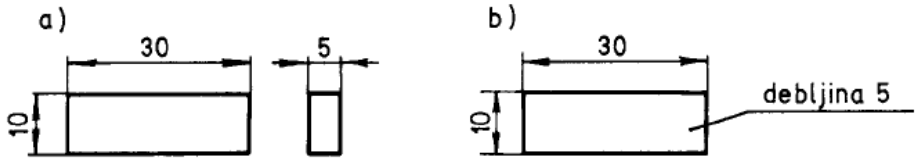
Sl.11.13.7.. Uprošćenje rednim kotiranjem

Uprošćenja mogu biti i u vidu označavanja kotnog broja slovima (sl. 11.13.8.). Ako na postojećem crtežu dođe do izmene kotnog broja, a konstruktivni oblik predmeta se ne menja, kotni broj se može izmeniti kako je to prikazano na sl. 11.13.8. Kotni broj se prevuče tankom linijom, tako da se I dalje može čitati, a iznad toga se piše novi kotni broj. Pored novog kotnog broja u krugu stoji broj izmene pod kojim se u odgovarajućoj rubrici u zaglavlju ova izmena i potvrđuje.



Sl.11.13.8.Uprošćenje kotiranja označavanjem kotnog broja slovom

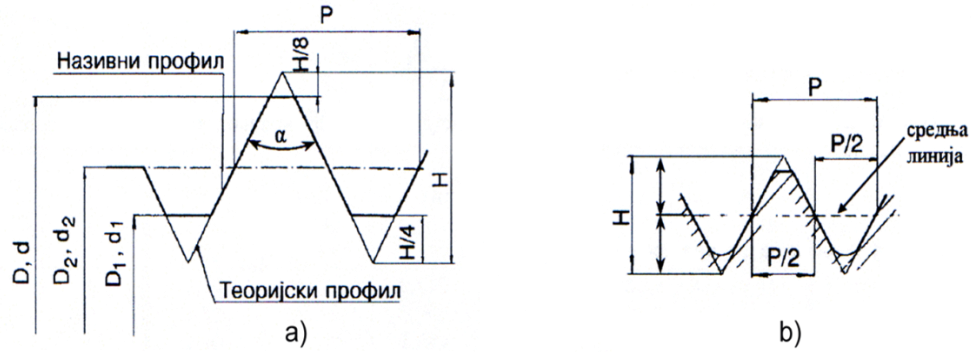
Ako je predmet jednostavnog konstruktivnog oblika može se debljina predmeta uprošćeno kotirati (sl. 11.13.9.) čime se uštedi jedna projekcija.



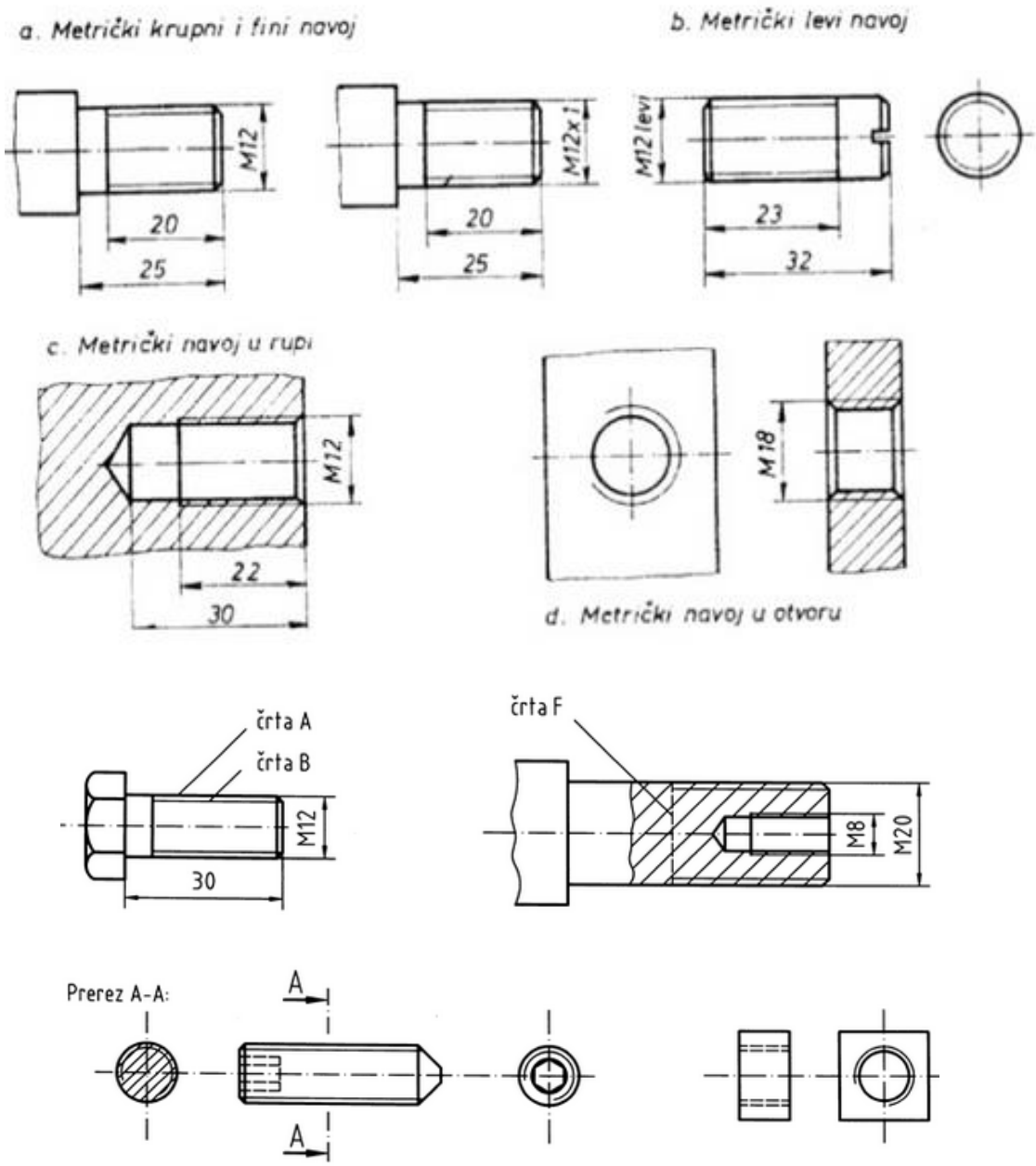
Sl.11.13.9. Uprošćenje kotirnja naznakom

11.14. KOTIRANJE NAVOJA I VIJČANIH ELEMNATA

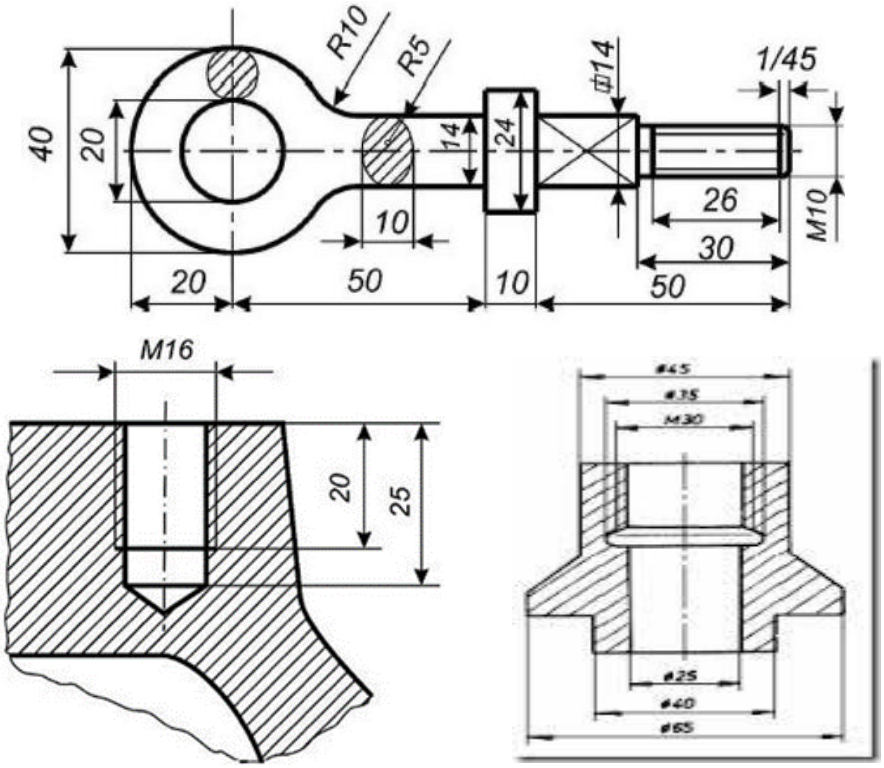
Parametri navoja i vijčanih elemnti se kotiraju kao na slici 11.14.1.



Sl.11.14.1/a. Parametri profila navoja



Sl.11.14.1. Kotirnje navoja i navojnih elemenata



Sl.11.14.1. Kotirnje navoja i navojnih elemenata

12.0. TOLERANCIJE MERA

U procesu izrade mašinskih elemenata veliki problem predstavlja održavanje tačnosti zadatih dimenzija usled netačnosti alatnih mašina, habanja reznog, steznog i mernog alata, netačnosti kalupa, nedovoljne pažnje radnika i sl.

Prema tome, tolerancije su unapred propisana dozvoljena odstupanja: dužinskih mera, oblika, položaja i kvaliteta hrapavosti obrađenih površina od nazivne veličine – mere



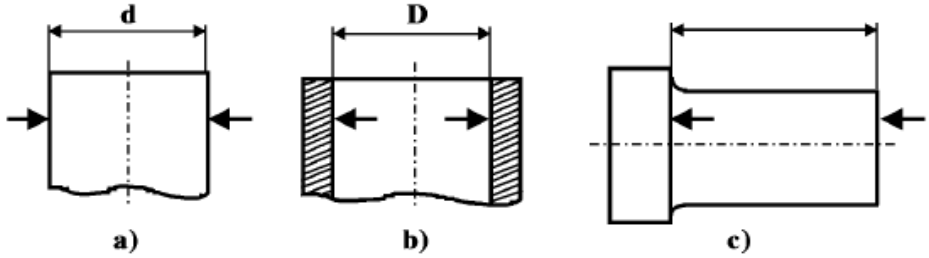
Da bi mašinski elementi, u okviru nekog sklopa, mogli kvalitetno da obave svoju osnovnu funkciju moraju, pored ostalog, da poseduju i određenu tačnost dimenzija, koju je potrebno posebno propisati. Ta tačnost dimenzija se propisuje tzv. tolerancijama dužinskih mera, kojima se toleriše određeno odstupanje, koje neće bitnije uticati na funkciju i kvalitet sklopa. Pri definisanju tih odstupanja treba imati u vidu i neophodnost ostavrivanja međusobne zamenljivosti elemenata, koja posebno dolazi do izražaja u uslovima serijske i masovne proizvodnje. Tačnost elemenata nikada ne treba da bude veća nego što to zahteva funkcija sklopa, jer povećana tačnost znatno povećava cenu izrade, a time i ukupnu cenu proizvoda.
Da bi se izbjegla proizvoljnost u pogledu izbora (propisivanja) tolerancija koriste se međunarodni (ISO), odnosno nacionalni standardi. (SRPS ISO 286-1 i SRPS ISO 286-2:1992)

Dužinske mere su podeljene na spoljašnje i unutrašnje. Spoljašnje mere su one mere kod kojih pri merenju pipci mernog instrumenta prilaze sa spoljnje strane tj. obuhvataju mašinski deo. Pri utvrđivanju unutrašnjih mera pipci mernog instrumenta prilaze sa unutrašnje strane. Standardima su ove dimenzije razdvojene tako što se spoljašnje označavaju malim slovima latinice, a unutrašnje velikim slovima. Na slici .12.0.1 prikazana je spoljašnja (a), unutrašnja (b) i neodređena (c) dužinska mera. Ova poslednja ne spada ni u jednu od prve dve grupe jer jedan pipak mernog instrumenta naleže sa spoljašnje, a drugi sa unutrašnje strane. Ovakve mere se, prema potrebi, svrstavaju ili u grupu spoljašnjih ili u grupu unutrašnjih mera.

1. Dužinske mjere

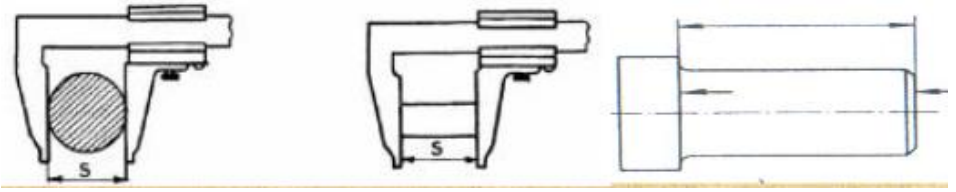
Zavisno od načina mjerenja (utvrđivanja stvarne mjere) dužinske mjere se mogu svrstati u tri grupe mjera i to:

- Spoljašnje,
- Unutrašnje i
- Neodređene.



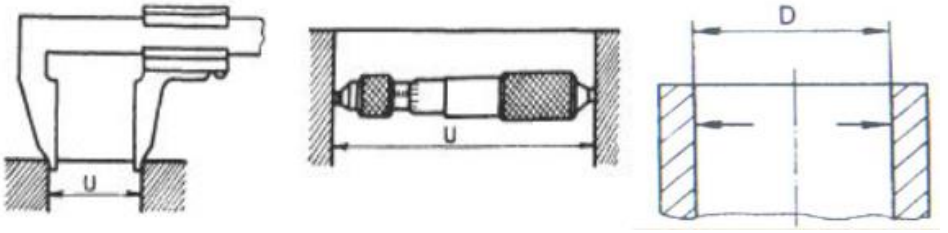
Sl.12.0.1. Vrste dužinskih mera

Spoljašnja mjera je dužinska veličina kod koje su, pri mjerenju, dodirne površine mjernih pipaka alata izvan mjerene dužine slika12.0.2.



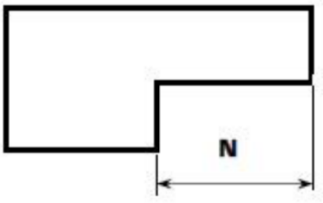
Sl.12.0.2. Spoljašnje dužinske mere

Unutrašnja mjera je dužinska veličina kod koje su, pri mjerenju, dodirne površine mjernih pipaka alata unutar mjerene dužine slika 12.0.3.



Sl.12.0.3. Unutrašnje dužinske mere

Neodređena mera je dužinska veličina koja se ne može svrstati ni u grupu unutrašnjih mera ni u grupu spoljašnjih mera, slika 12.0.4.

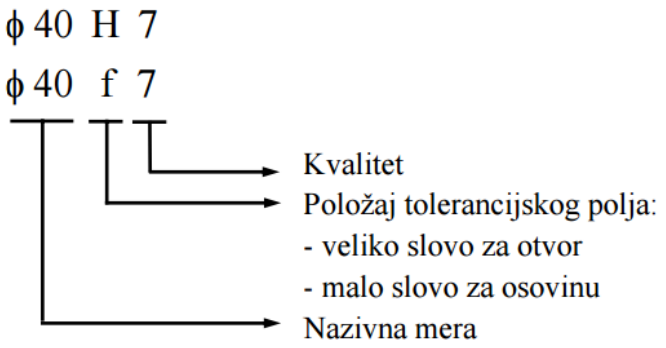


Sl.12.0.4. Neodređena dužinska mera

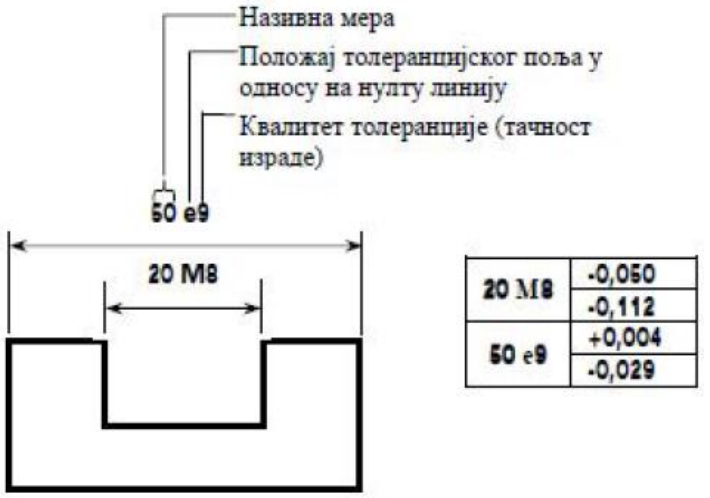
Dužinske mere se dele na **tolerisane i slobodne.**
Tolerisana mera je dužinska veličina od čije tačnosti izrade zavisi funkcija mašinskog dela ili sklopa. Njena dozvoljena odstupanja unose se direktno na crtež za svaku kotu ponaosob.
Slobodna mera je dužinska veličina koja nema posebnog značaja na funkciju i/ili montažu mašinskog dela. Na crtežu se upisuju samo njihove nazivne vrednosti, a u napomeni se navode stepeni željene tačnosti izrade.

2. Označavanje tolerancija

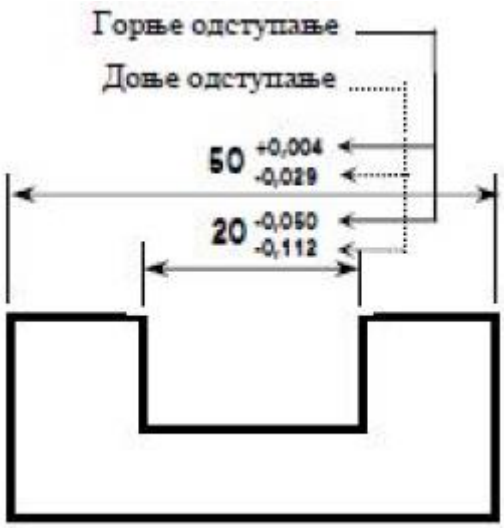
Na tehničkoj dokumentaciji tolerancije dužinskih mera se mogu prikazati na dva načina: slovnim i brojčanim oznakama (Sl.12.0.6. i 12.0.7) ili samo brojčanim oznakama. Prema ovom sistemu položaj tolerancijskog polja označava se za osovine malim slovom, a za otvor velikim, a kvalitet tolerancije brojem koji se upisuje iza ovog slova. Uvrednjavanje tolerisanih mera se vrši tako što se iza nazivne vrednosti mere stavlja oznaka za toleranciju, slika 12.0.5.



Sl.12.5 Označavnje tolerancija



Sl.12.0.6. Kombinovano (slovno i numeričko) prikazivanje tolerancija na crtežu

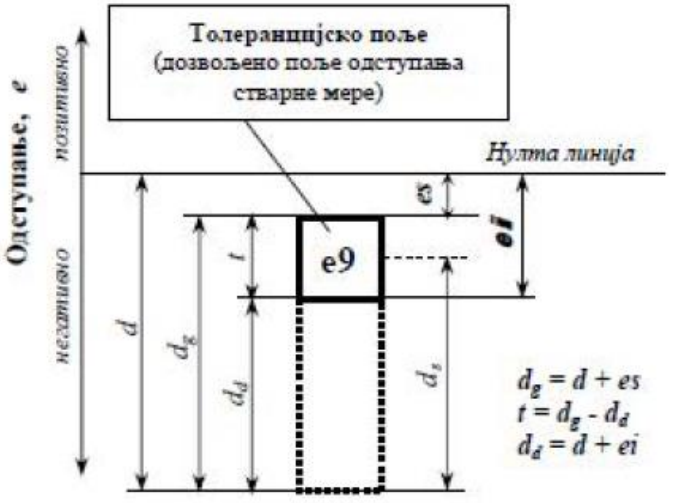


Sl.12.0.7. Numeričko prikazivanje tolerancija na crtežu

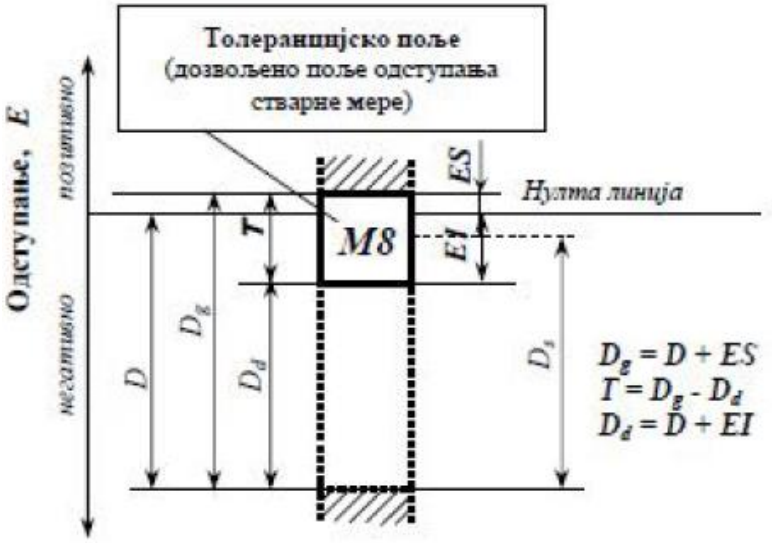
U praksi je više zastupljen prvi način prikazan na slici 12.0.6. Kod ovog načina, brojčane vrednosti odstupanja prikazuju se na crtežu u vidu tablica. Na ovaj način, crtež je rasterećen od velikog broja numeričkih vrednosti. Time se postiže veća jasnoća crteža i smanjuje verovatnoća pojave slučajne greške pri očitavanju numeričkih vrednosti.

3. Osnovne veličine tolerancija dužinskih mera

Grafički prikaz tolerancija dužinskih mera je na slici 12.0.8 – za spoljašnje mere, a na slici 12.0.9 – za unutrašnje mere.



Sl.12.0.8 Tolerancija dužinske veličine rukavca



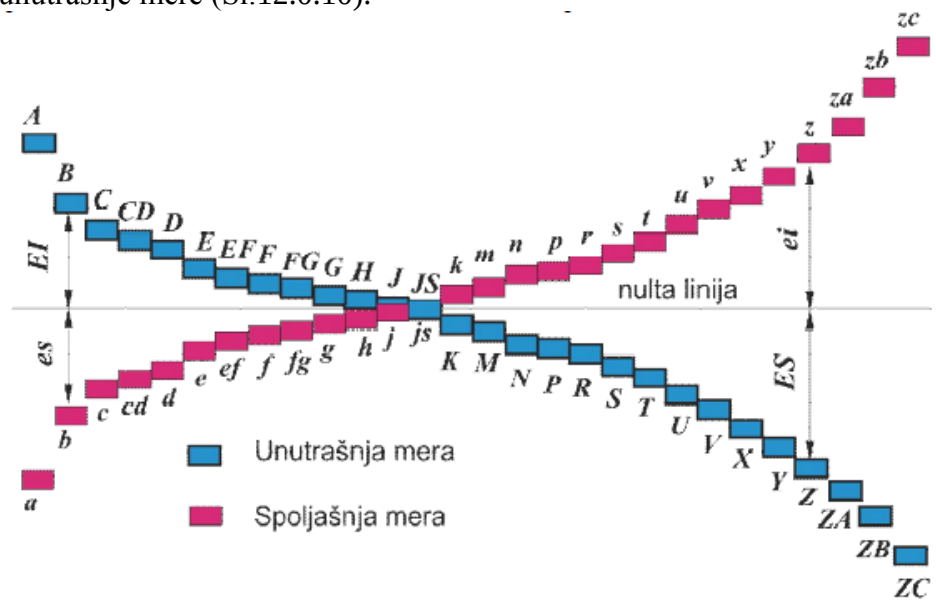
Sl.12.0.9. Tolerancija dužinske veličine rupe

- **Nazivna mera** (d i D) je mera od koje se mere odstupanja i koja se unosi na tehničku dokumentaciju. Ona može, a ne mora biti i željena mera. Ako je nazivna mera unutar tolerancijskog polja, ona je i željena mera. U suprotnom, nije.
- **Nulta linija** je zamišljena prava linija koja ograničava nazivnu meru. Od nje se mere odstupanja. Ona mogu biti pozitivna i negativna.
- **Granične mere** su dve propisane mere između kojih mora biti stvarna mera ispravno izrađenog dela.
- **Gornja granična mera** (Dg, dg) je najveća mera ispravno izrađenog mašinskog dela.
- **Donja granična mera** (Dd, dd) je najmanja mera ispravno izrađenog mašinskog dela.
- **Stvarna mera** (Ds, ds) je mera koja se utrđuje merenjem. Kod ispravno izrađenog dela nalazi se između donje i gornje granične mere.
- **Odstupanje** (E, e) je algebarska razlika između neke određene mere i nazivne mere.
- **Gornje odstupanje** (ES, es) je algebarska razlika između gornje granične i nazivne mere.
- **Donje odstupanje** (EI, ei) je algebarska razlika između donje granične i nazivne mere.

- **Stvarno odstupanje** je algebarska razlika između stvarne mere i nazivne mere.
- **Tolerancija** (T, t) je algebarska razlika između gornje i donje granične mere.
- **Tolerancijsko polje** je oblast pravougaonog oblika ograničena po visini graničnim merama. Širina je proizvoljna.

4. Položaj tolerancijskih polja

Položaj tolerancijskih polja u odnosu na nultu liniju, određen je slovima abecede, i to – malim slovima za spoljašnje mere, a velikim slovima za unutrašnje mere (Sl.12.0.10).



Slika 12.0.10. Položaj tolerancijskih polja

Kvantitativni položaj tolerancijskog polja određen je veličinom gornjeg i donjeg odstupanja. Veličine ovih odstupanja za različita tolerancijska polja, nazivne mere i kvalitete tolerancija propisane su standardom i prikazane su u tabelama 12.0.1 i 12.0. 2.

Tabela 12.0.1.

Nazivne mere, mm		m							n						
iznad	do	3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9
-	3	+4 +2	+5 +2	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2	+27 +2	+6 +4	+7 +4	+8 +4	+10 +4	+14 +4	+18 +4	+29 +4
3	6	+6,5 +4	+8 +4	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4	+34 +4	+10,5 +8	+12 +8	+13 +8	+16 +8	+20 +8	+26 +8	+38 +8
6	10	+8,5 +6	+10 +6	+12 +6	+15 +6	+21 +6	+28 +6	+42 +6	+12,5 +10	+14 +10	+16 +10	+19 +10	+25 +10	+32 +10	+46 +10
10	18	+10 +7	+12 +7	+15 +7	+18 +7	+25 +7	+34 +7	+50 +7	+15 +12	+17 +12	+20 +12	+23 +12	+30 +12	+39 +12	+55 +12
18	30	+12 +8	+14 +8	+17 +8	+21 +8	+29 +8	+41 +8	+60 +8	+19 +15	+21 +15	+24 +15	+28 +15	+36 +15	+48 +15	+67 +15
30	50	+13 +9	+16 +9	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9	+71 +9	+21 +17	+24 +17	+28 +17	+33 +17	+42 +17	+56 +17	+79 +17

Tabela 12.0.2.

Назив мере изнад... до mm	G7	F7	H8	H11	F8	E9	D10	C11	H11	D11	C11	A11
...												
30...40	+ 34 + 9	+ 50 + 25	+ 39 0	+ 160 0	+ 64 + 25	+ 112 + 50	+180 + 80	+ 280 + 120	+ 160 0	+ 240 + 80	+ 280 + 120	+ 470 + 310
40...50								+ 290 + 130			+ 290 + 130	+ 480 + 320
...												

Visina tolerancijskog polja zavisi od kvaliteta tolerancije i nazivne mere (Tabela 12.0.3).

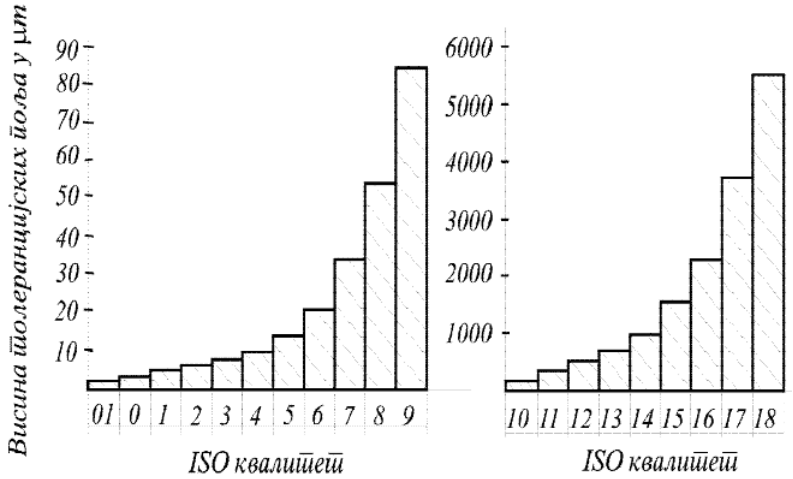
Tabela 12.0.3.

Ознака толеранције	Подручје називних мера у mm												
	до 3	3 до 6	6 до 10	10 до 18	18 до 30	30 до 50	50 до 80	80 до 120	120 до 180	180 до 250	250 до 315	315 до 400	400 до 500
...													
IT 5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
IT 6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
IT 7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
IT 8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97
IT 9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
IT 10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
IT 11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
IT 12	100	120	150	180	210	250	300	250	400	460	520	570	630
...													

Kvalitet tolerancije predstavlja odgovarajući (željeni) stepen tačnosti izrade mašinskih delova. Označava se brojevima od 01 do 18, za područje nazivnih mera do 500 mm. Brojevima od 6 do 16 označava se kvalitet tolerancije za područje nazivnih mera od 500 do 3150 mm. Što je brojčana vrednost kvaliteta tolerancije manja, to je manja visina tolerancijskog polja (finiji kvalitet tolerancija) i obrnuto (Sl.12.0.11a,b).

Nazivna mera označava se brojčanim vrednostima izraženim u milimetrima. Oblast mera od 0 do 3150 mm, ISO sistem tolerancija dužinskih mera je podelio u dve oblasti nazivnih mera i to:

- nazivne mere do 500 mm, pri čemu mere manje od 18 mm spadaju u preciznu mehaniku, i
- nazivne mere od 500 mm do 3150 mm.



Slika 12.0.11 Kvalitativna zavisnost visina tolerancijskih polja od kvaliteta tolerancije za istu nazivnu meru

Oblast nazivnih mera do 500 mm je podeljena na 13 područja (Sl.12.0.12a). Oblast iznad 500 do 3150 mm podeljena je na 8 područja nazivnih mera. Za isti kvalitet tolerancije, nazivnim merama koje pripadaju jednom području, odgovara ista visina tolerancijskog polja (Sl.12.0.12).
Vrednosti tolerancija (visine tolerancijskih polja) zavisno od kvaliteta tolerancija i nazivnih mera, prikazane su u tabeli 12.0.3.

5. Tolerancije slobodnih mera

Odstupanja dužinskih mera koje nisu u sprezi sa površinama drugih delova ili se od njih ne zahteva posebna tačnost ne propisuju se na crtežima. To su slobodne mere i one ne mogu imati odstupanja bez ograničenja. Za ove mere tolerancije se podrazumevaju i one moraju biti u granicama propisanim za odgovarajući postupak izrade. Prema ISO 2768-1 postoje četiri klase tolerancija ovih mera f (fina), m (srednja), c (gruba) v (vrlo gruba).

6. ISO-sistem naleganja dužinskih mera

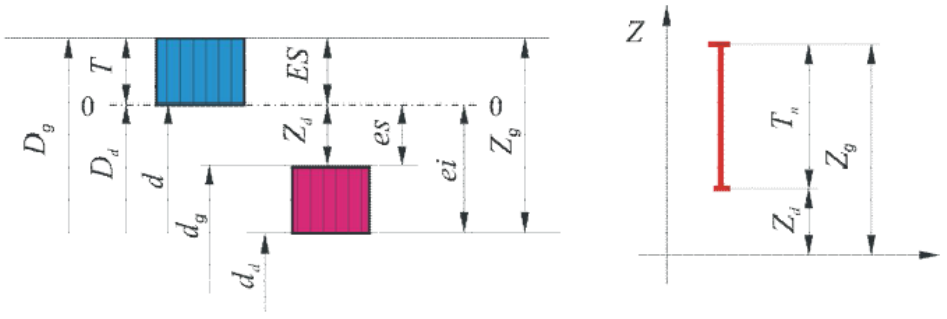
Naleganje je odnos delova istih nazivnih mera od kojih je jedna spoljašnja, a druga unutrašnja. Zavisno od stvarnih mera oba dela pre sklapanja, naleganja mogu biti labava, čvrsta i neizvesna. Oznaka naleganja sadrži nazivnu meru, tolerancijsko polje i kvalitet tolerancija unutrašnje i spoljašnje mere, na primer Ø60 H7/f6.
Zazor (Z) je razlika između stvarne mere otvora i stvarne mere osovine, ukoliko je stvarna mera otvora veća od stvarne mere osovine, odnosno:

$$Z = D_s - d_s \geq 0 \qquad (1)$$

Preklop (P) je razlika između stvarne mere otvora i stvarne mere osovine, ukoliko je stvarna mera otvora manja od stvarne mere osovine, odnosno

$$P = D_s - d_s < 0 \qquad (2)$$

Labavo naleganje ostvaruje se između delova između kojih uvek postoji zazor (sl. 12.12) i koji se kreće između najveće vrednosti (najveći zazor)



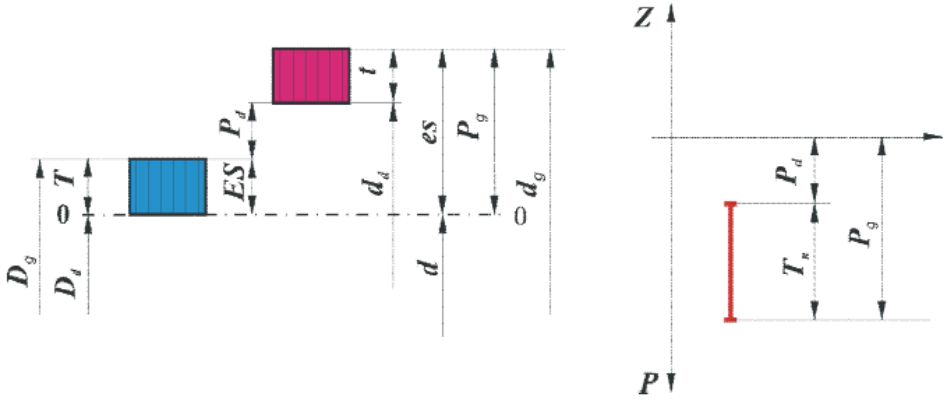
Slika 12.0.12. Labavo naleganje

$$Z_g = D_g - d_d = ES - ei \tag{3}$$

i najmanje vrednosti (najmanji zazor)

$$Z_d = D_d - d_g = EI - es \tag{4}$$

Čvrsto naleganje ostvaruje se nasilnim utiskivanjem osovine u otvor, odnosno između sklopljenih delova uvek postoji preklop (sl. 12.0.13).



Slika 12.0.13. Čvrsto naleganje

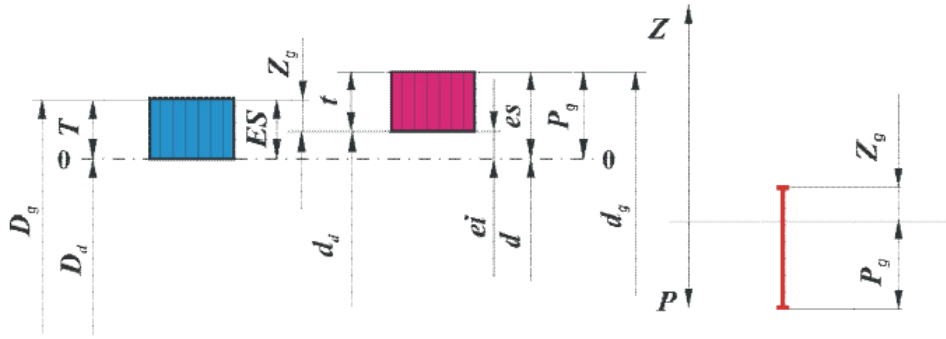
Prečnik osovine je uvek veći od prečnika otvora, tako da preklop varira između najveće vrednosti (najveći preklop)

$$P_g = D_d - d_g = EI - es \tag{5}$$

i najmanje vrednosti (najmanji preklop)

$$P_d = D_g - d_d = ES - ei \tag{6}$$

Kod neizvesnog naleganja (sl. 12.0.14) granične mere osovine i dela sa otvorom su tako izabrane da različite kombinacije stvarnih mera mogu dati zazor ili preklop. Mogući najveći zazor određuje se prema (3), a mogući najveći preklop prema (5).



Slika 12.0.14. Neizvesno naleganje sa tolerancijama

S obzirom da su najučestaniji srednji prečnici delova to je i najveća verovatnoća da naleganja u stvarnosti imaju srednje vrednosti zazora i preklopa:

$$Z_{sr} = \frac{Z_g + Z_d}{2}; \qquad P_{sr} = \frac{P_g + P_d}{2} \tag{7}$$

Tolerancija naleganja je veličina dozvoljenog kolebanja zazora odnosno preklopa. Jednaka je zbiru tolerancija spoljašnje i unutrašnje mere:

$$T_n = T + t \tag{8}$$

Može da se odredi i kao:

$$T_n = |Z_g| - |Z_d| = T + t \quad \text{- labavo naleganje,} \tag{9}$$

$$T_n = |P_g| - |P_d| = T + t \quad \text{- čvrsto naleganje,} \tag{10}$$

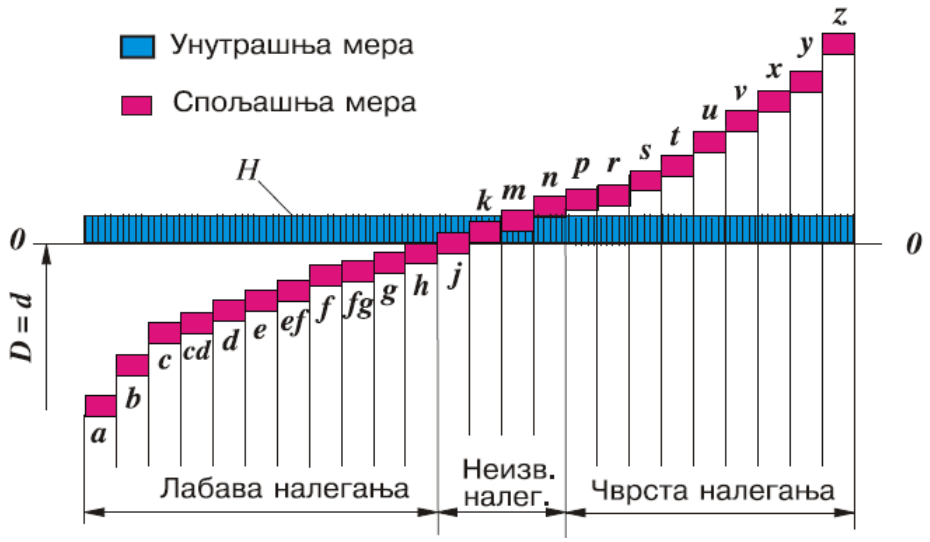
$$T_n = |Z_g| + |P_g| = T + t \text{ - neizvesno naleganje.} \tag{11}$$

Sistemi naleganja su sistematski nizovi naleganja nastali kombinacijom odgovarajućih tolerancijskih polja osovina i dela sa otvorom. Postoji sistem zajedničke unutrašnje i sistem zajedničke spoljašnje mere.

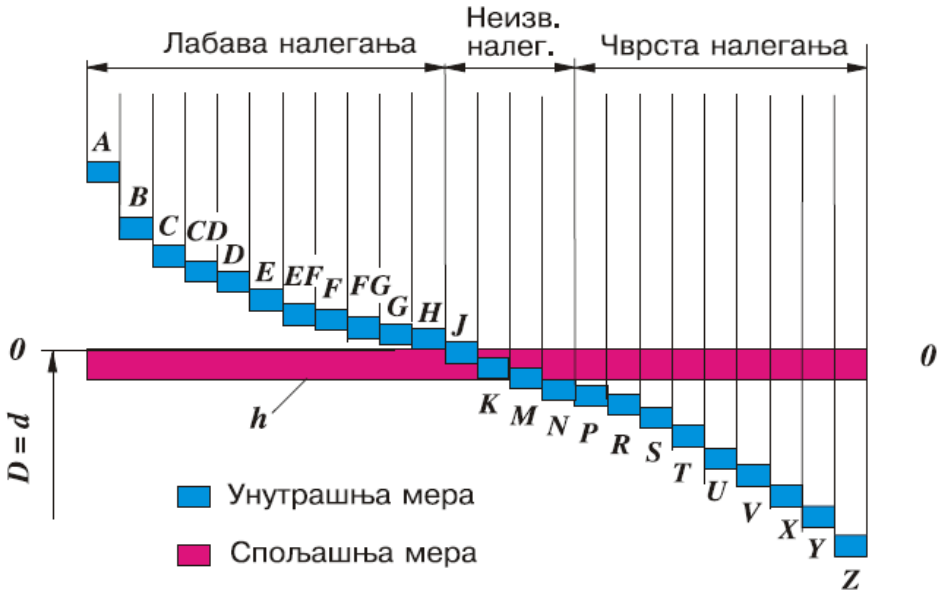
Kod sistema zajedničke tolerancije unutrašnje mere (SZUM) prečnici otvora izrađeni su u tolerancijskom polju H, tako da se željeno naleganje dobija varijacijom položaja tolerancijskog polja osovine (sl. 12.0.15).

Kod sistema zajedničke tolerancije spoljašnje mere (SZSM) prečnici osovina izrađeni su u tolerancijskom polju h, tako da se željeno naleganje dobija varijacijom položaja tolerancijskog polja dela sa otvorom (sl.12.0.16).
Pošto je precizna izrada otvora komplikovanija od izade osovina, to sistem zajedničke unutrašnje mere ima veću praktičnu primenu.

Familije naleganja su nizovi naleganja u jednom od sistema, gde jedan od delova naleganja ima toleranciju uvek u istom tolerancijskom polju i istom kvalitetu, dok drugi ima tolerancije u drugim poljima i drugim kvalitetima. U okviru SZUM to su H6, H7, H8, H9, H11, H12, H13, a u okviru SZSM to su h5, h6, h8, h9, h11, h12, h13.



Slika 12.0.15. Sistem zajedničke tolerancije unutrašnje mere



Slika 12.0.16. Sistem zajedničke tolerancije spoljašnje mere

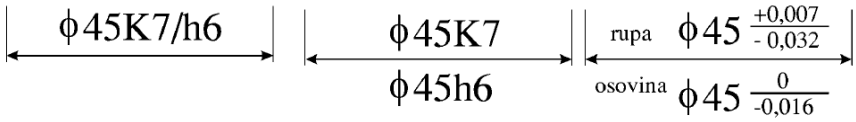
7. Označavanje naleganja

Oznaka naleganja se sastoji od nazivne mere, slovne oznake položaja tolerancijskih polja za unutrašnju i spoljašnu meru i, brojčane oznake kvaliteta tolerancije. Da bi oznaka bila pregledna, podaci o unutrašnjoj i spoljašnjoj meri su odvojeni kosom ili horizontalnom crtom. Posle nazivne

mere navode se podaci o unutrašnjoj meri. Ø70 H7/n6; Ø70F6/x6; Ø70H6/j5.

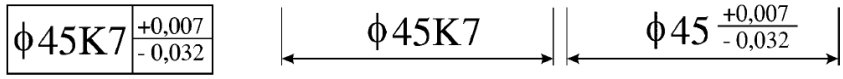
12.1. OZNAČAVANJE TOLERANCIJA MERA NA CRTEŽIMA

Tolerancije dužinskih mera mera, propisane tolerancijskim poljima na crtežima pojedinačnih delova (ISO), označavaju se tako da se uz kotu piše tolerancijsko polje i kvalitet, na pr. f45K7, a u gornjem levom uglu crteža, ili tamo gde ima slobodnog mesta, u posebnoj tabeli, daju se vrednosti graničnih odstupanja u mm (sl.12.1.1.). Moguće je da se uz kotu daju vrednosti graničnih odstupanja u mm.



Sl.12.1.1.

Označavanje tolerancija naleganja delova u sklopu (na sklopnim crtežima) prikazano je na sl. 12.1.2.



Sl.12.1.2.

Ako tolerancije kota nisu u skladu sa standardnim vrednostima, mogu se definisati tako što se uz kotu daju vrednosti graničnih odstupanja u mm, na pr 45±0,150.
Za ostale kote na crtežu, za koje nisu označene tolerancije na jedan od prethodna dva načina, važe tolerancije slobodnih mera.

Vrednosti tolerancije rupe i otvora Tr i To

Područje nazivnih mera u milimetrima [mm]														
iznad	-	1	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400
do	1	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500
kvalitet	Vrednost tolerancija u mikrometrima (1µm=0,001mm)													
IT 01	0,3		0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4
IT 0	0,5		0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6
IT 1	0,8		1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8
IT 2	1,2		1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
IT 3	2		2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
IT 4	3		4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
IT 5	4		5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
IT 6	6		8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
IT 7	10		12	15	18	21	25	30	35	40	45	52	57	63
IT 8	14		18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97
IT 9	25		30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
IT 10	40		48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
IT 11	60		75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
IT 12	100		120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
IT 13	140		180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
IT 14	-	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
IT 15	-	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500
IT 16	-	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000
IT 17	-	-	-	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200	5700	6300
IT 18	-	-	-	-	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200	8100	8900	9700

tolerancijsko polje		Područje nazivnih mera u mm													
		iznad	-	1	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100
		do	1	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120
rupe	osovine	kvalitet	Odstupanje u mikro metrima (1µm=0,001mm)													
A	a			270	270	280	290		300		310	320	340	360	380	410
B	b			140	140	150	150		160		170	180	190	200	220	240
C	c		60		70	80	95		110		120	130	140	150	170	180
CD	cd		34		46	56										
D	d	za	20		30	40	50		65		80		100		120	
E	e	sve	14		20	25	32		40		50		60		72	
EF	ef	kvali-	10		14	18										
F	f	tete	6		10	13	16		20		25		30		36	
FG	fg		4		6	8										
G	g		2		4	5	6		7		9		10		12	
H	h		0		0	0	0		0		0		0		0	
Js	js		$A_g=a_g=+IT/2$ $A_d=a_d=-IT/2$													

NAPOMENA:

1. za tolerancijska polja A do H (rupe) data su donja odstupanja Ad sa znakom "+"
2. za tolerancijska polja a do h (osovine) data su gornja odstupanja ag sa znakom "-"

3. polja Js (rupe) i js (osovine) imaju ista gornja i donja granična odstupanja jednaka (IT/2), te nemaju osnovna odstupanja

tolerancijsko polje		Područje nazivnih mera u mm															
		iznad	-	1	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	
		do	1	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	
		kvalitet	Odstupanje u mikro metrima (1µm=0,001mm)														
j		5 i 6	-2		-2	-2	-3		-4		-5		-7		-9		
		7	-4		-4	-5	-6		-8		-10		-12		-15		
		8	-6														
k		do 3	0		0	0	0		0		0		0		0		
		4 do 7	0		+1	+1	+1		+2		+2		+2		+3		
		> 7	0		0	0	0		0		0		0		0		
m			+2		+4	+6	+7		+8		+9		+11		+13		
n			+4		+8	+10	+12		+15		+17		+20		+23		
p			+6		+12	+15	+18		+22		+26		+32		+37		
r	a_d		+10		+15	+19	+23		+28		+34		+41	+43	+51	+54	
s		za	+14		+19	+23	+28		+35		+43		+53	+59	+71	+79	
t		sve								+41	+48	+54	+66	+75	+91	104	
u		kvali-	+18		+23	+28	+33		+41	+48	+60	+70	+87	102	124	144	
v		tete						+39	+47	+55	+68	+81	102	120	146	172	
x			+20		+28	+34	+40	+45	+54	+64	+80	+97	122	146	178	210	
y									+63	+75	+94	114	144	174	214	254	
z			+25		+35	+42	+50	+60	+73	+88	112	136	172	210	258	310	
za			+32		+42	+52	+64	+77	+98	118	148	180	226	274	335	400	
zb			+40		+50	+67	+90	108	135	160	200	242	300	360	445	525	
zc			+60		+80	+97	130	150	188	218	274	325	405	480	585	690	

tolerancijsko polje		Područje nazivnih mera u mm															
		iznad	-	1	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	
		do	1	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	
		kvalitet	Odstupanje u mikro metrima (1µm=0,001mm)														
J	Ag	6	+2		+5	+5	+6		+8		+8		+13		+16		
		7	+4		+6	+8	+10		+12		+14		+18		+22		
		8	+6		+10	+12	+15		+20		+24		+28		+34		
K	Ag	3	0		0	0	0		-0,5		-0,5		0		-1		
		4	0		+0,5	+0,5	+1		0		+1		+1		+1		
		5	0		0	+1	+2		+1		+2		+3		+2		
		6	0		+2	+2	+2		+2		+3		+4		+4		
		7	0		+3	+5	+5		+6		+7		+9		+10		
		8	0		+5	+6	+8		+10		+12		+14		+16		
		> 8	0														
M	Ag	3	-2		-3	-5	-6		-6,5		-7,5		-9		-11		
		4	-2		-2,5	-4,5	-5		-6		-6		-8		-9		
		5	-2		-3	-4	-4		-5		-5		-6		-8		
		6	-2		-1	-3	-4		-4		-4		-5		-6		
		7	-2		0	0	0		0		0		0		0		
		8	**		+2	+1	+2		+4		+5		+5		+6		
		>8	-2		-4	-6	-7		-8		-9		-11		-13		

NAPOMENA: ** Za područje nazivnih mera do 3 mm umesto M8 uzeti N8

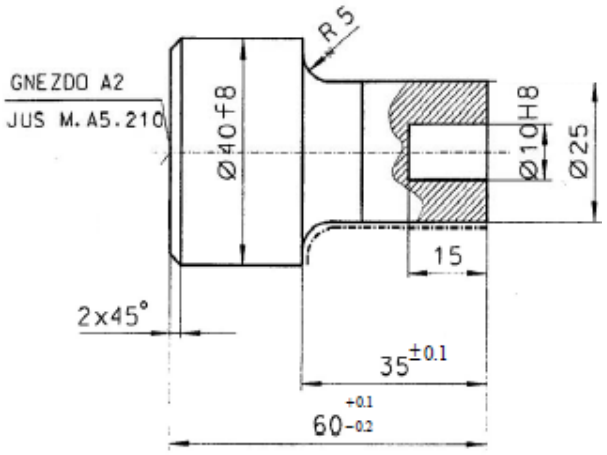
tolerancijsko polje		Područje nazivnih mera u mm													
		iznad	-	1	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100
		do	1	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120
		kvali-tet	Odstupanje u mikro metrima (1µm=0,001mm)													
N	Ag	3	-4		-7	-9	-11		-13,5		-15,5		-18		-21	
		4	-4		-6,5	-8,5	-10		-13		-14		-17		-19	
		5	-4		-7	-8	-0		-12		-13		-15		-18	
		6	-4		-5	-7	-9		-11		-12		-14		-16	
		7	-4		-4	-4	-5		-7		-8		-9		-10	
		8	-4		-2	-3	-3		-3		-3		-4		-4	
		> 8	-	-4	0	0	0		0		0		0		0	
P	Ag	3	-6		-11	-14	-17		-20,5		-24,5		-30		-35	
		4	-6		-10,5	-13,5	-16		-20		-23		-29		-33	
		5	-6		-11	-13	-15		-19		-22		-27		-32	
		6	-6		-9	-12	-15		-18		-21		-26		-30	
		7	-6		-8	-9	-11		-14		-17		-21		-24	
		8 i >	-6		-12	-15	-18		-22		-26		-32		-37	
R	Ag	3	-10		-14	-18	-22		-26,5		-32,5		-39	-41	-49	-52
		4	-10		-13,5	-17,5	-21		-26		-31		-38	-40	-47	-50
		5	-10		-14	-17	-20		-25		-30		-36	-38	-46	-49
		6	-10		-12	-16	-20		-24		-29		-35	-37	-44	-47
		7	-10		-11	-13	-16		-20		-25		-40	-32	-38	-41
		8 i >	-10		-15	-19	-23		-28		-34		-41	-43	-51	-54

toleranc. polje		Područje nazivnih mera u mm														
		iznad	-	1	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100
		do	1	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120
		kvali-tet	Odstupanje u mikro metrima (1µm=0,001mm)													
S	Ag	3	-14		-18	-22	-27		-33,5		-41,5		-51	-57	-69	-77
		4	-14		-17,5	-21,5	-26		-33		-40		-50	-56	-67	-75
		5	-14		-18	--21	-25		-32		-39		-48	-54	-66	-74
		6	-14		-16	-20	-25		-31		-38		-47	-53	-64	-72
		7	-14		-15	-17	-21		-27		-34		-42	-48	-58	-66
		8 i >	-14		-19	-23	-28		-35		-43		-53	-59	-71	-79
T	Ag	3	U ovom području nazivnih mera, umesto odstupanja polja T koristiti odstupanja polja U. Na pr. umesto ϕ20T7 koristiti ϕ 20U7							-39,5	-46,5	-52,5	-64	-73	-89	-102
		4								-39	-45	-51	-63	-72	-87	-100
		5								-38	-44	-50	-61	-70	-86	-99
		6								-37	-43	-49	-60	-69	-84	-97
		7								-33	-39	-45	-55	-64	-78	-91
		8 i >	-		-	-	-		-	-41	-48	-54	-66	-75	-91	-104
U	Ag	3	-18		-22	-27	-32		-39,5	-46,5	-58,5	-68,5	-85	-100	-122	-142
		4	-18		-21,5	-26,5	-31		-39	-46	-57	-67	-84	-99	-120	-140
		5	-18		-22	-26	-30		-38	-45	-56	-66	-82	97	-119	-139
		6	-18		-20	-25	-30		-37	-44	-55	-65	-81	-96	-117	-137
		7	-18		-19	-22	-26		-33	-40	-51	-61	-76	-91	-111	-131
		8 i >	-18		-23	-28	-33		-41	-48	-60	-70	-87	-102	-124	-144

1. Praktični primeri upisivanja tolerancija

Na isti način, slovno i brojčano, unose se i tolerancije dužinskih mera slika 12.1.3.:

Ø10H8	+0.022	0
Ø40f8	-0.025	-0.064



Slika 12.1.3.

12.2. TOLERANCIJE SLOBODNIH MERA

Tolerancije slobodnih mera koriste se za dimenzije predmeta koje ne ulaze u sklop i za koje nije bitna tačno određena uska tolerancija, odnosno za one kote koje ne utiču na upotrebljivost dela i sklopa. Mogu se definisati na nekoliko načina.

Prvi je da se u rubriku "Tolerancije slobodnih mera" zaglavlja crteža stavi oznaka standarda koji ih definiše, na pr. "JUS M.A1.410 suženi".

Drugi način je da se u rubriku zaglavlja za crtež napiše vrednost tolerancije, na pr. ±0,150. To znači da ova tolerancija važi za sve kote na crtežu koje nisu drugačije definisane.

Treći način je da se na crtežu u tabeli daju vrednosti za pojedine opsege kota, na pr.:

Opseg kota u mm	5 - 12	12 - 25	25 - 60	60 - 90
Granično odstupanje u mm	±0,060	±0,120	±0,250	±0,300

Četvrti način je da se za te kote ne daje nijedan podatak o tolerancijama slobodnih mera. To znači da njihove tolerancije zavise od tehnološkog

postupka izrade i stručnosti lica koje ih propisuje. Koristi se onda kada tačnost kota nije bitna.
Vrednosti tolerancija slobodnih mera su date u tabelama 12.2.1; 12.2.2 i12.2. 3.
Upotreba tolerancija slobodnih mera ima sledeće prednosti:

- crteži su lakši za čitanje
- smanjuje se vreme potrebno za konstruisanje s obzirom da otpada detaljnije proračunavanje tolerancija
- crtež jasno govori koji elementi se mogu izrađivati uobičajenim procesima
- ugovaranje poslova postaje brže

Tabela 12.2.1. Dozvoljena odstupanja dužinskih mera izuzev spoljašnjih zaobljenja i zakošenja

Klasa tolerancije		Dozvoljena odstupanja za osnovna područja mera - mm							
oznaka	opis	0,5[1)] do 3	iznad 3 do 6	iznad 6 do 30	iznad 30 do 120	iznad 120 do 400	iznad 400 do 1000	iznad 1000 do 2000	iznad 2000 do 4000
f	fina	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	srednja	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	gruba	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	vrlo gruba	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8
1) Za nazivne mere ispod 0,5 mm, dozvoljena odstupanja moraju biti naznačena u blizini mere									

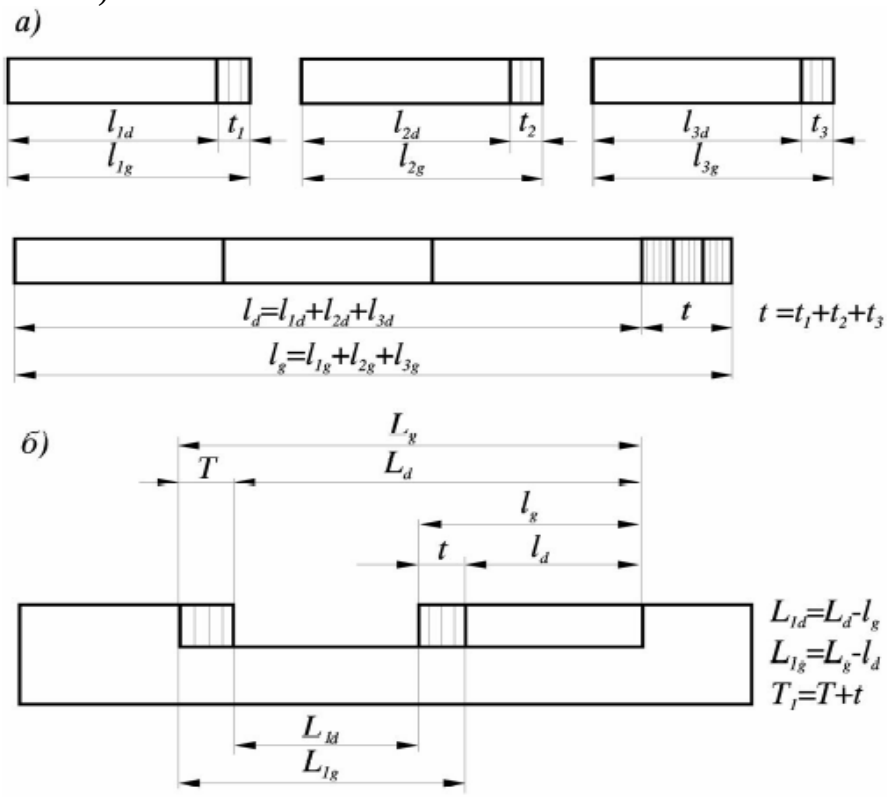
Tabela 12.2.2. Dozvoljena odstupanja radijusa zaobljenja i zakošenja spoljašnjih ivica

Klasa tolerancije		Dozvoljena odstupanja za osnovna područja mera - mm		
oznaka	opis	0,5[1)] do 3	iznad 3 do 6	iznad 6
f	fina	±0,2	±0,5	±1
m	srednja			
c	gruba	±0,4	±1	±2
v	vrlo gruba			
1) Za nazivne mere ispod 0,5 mm, dozvoljena odstupanja moraju biti naznačena u blizini mere				

Tabela12.2. 3 Dozvoljena odstupanja uglovnih mera

Klasa tolerancije		Dozvoljena odstupanja za područja dužina, u mm za kraći krak odgovarajućeg ugla				
oznaka	opis	do 10	iznad 10 do 50	iznad 50 do 120	iznad 120 do 400	iznad 400
f	fina	±1°	±0° 30′	±0° 20′	±0° 10′	±0° 5′
m	srednja					
c	gruba	±1° 30′	±1°	±0° 30′	±0° 15′	±0° 10′
v	vrlo gruba	±3°	±2°	±1°	±0° 30′	±0° 20′

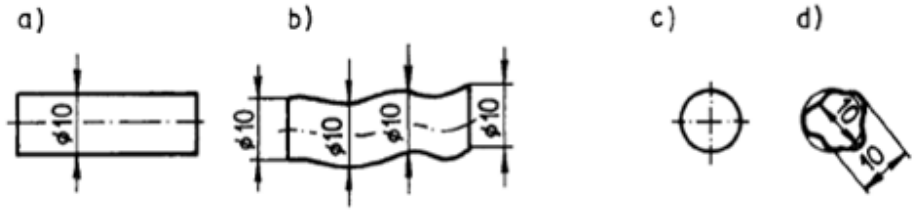
Složene tolerancije Mera dobijena kombinacijom više pojedinačnih mera naziva se složena mera, a njene tolerancije nazivaju **se složene tolerancije.** Složena tolerancija jednaka je zbiru tolerancija pojedinačnih mera (sl.12.2.1.).



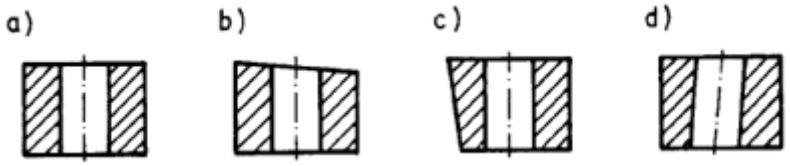
Sl. 12.2.1. Složene tolerancije: a) zbir dužinskih mera;b) razlika dužinskih mera.

13.0. TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

Kao što se pri izradi delova mašina ne mogu postići idealne mere, tako se ne mogu postići ni idealni oblici površina i njihovi međusobni položaju koji su naznačeni na crtežu. razlozi su isti kao i kod tolerancija dužinskih mera.
Nije dovoljno samo definisati tolerancije mera, jer se može desiti da su za tačne vrednosti mera oblici površina neodgovarajući (sl. 13.0.1). Valjak sa slike može na svakom merenom mestu imati vrednost prečnika od 10mm, pa da opet bude škart zbog neodgovarajućeg oblika po dužini, odn. neodgovarajuće ose simetrije. To važi i za ostale površine i međusobne položaje (sl. 13.0.2)

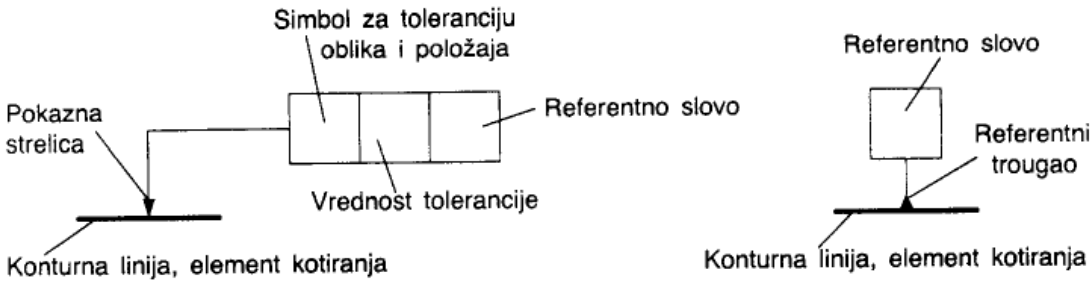


Slika 13.0.1. a,c)idelani oblici, b,d,)mogući oblici



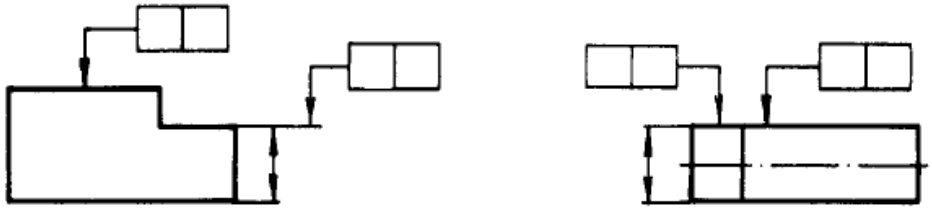
Sl. 13.0.2 Idealni i mogući međusobni položaji površinai predmeta
a) idealni položaji površina b, c i d) mogući položaji površinai

Da odstupanje od idealnog oblika i položaja ne bi bilo proizvoljno i da izrađeni predmet ima upotrebnu vrednost propisuju se i tolerancije oblika i položaja.
Da bi se na crtežima označile tolerancije oblika i položaja koriste se elementi prikazani ns sl. 13.0.3 Sve oznake se crtaju tankom linijom (tipa B). Veličina okvira (kućica) u koje se upisuju podaci zavisi od odabrane visine slova.

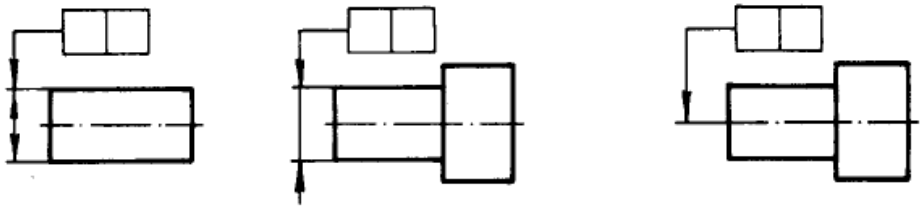


Sl. 13.0.3.Elementi oznake oblika i položaja

Pokazna strelica može da stoji na konturnoj, pomoćnoj kotnoj, pokaznoj i osnoj liniji (isto kao i kukice). Kada se tolerancija oblika i položaja odnosi na površinu ili liniju površine, okvir sa tolerancijom koji se završava strelicom može da stoji na konturnoj ili pomoćnoj kotnoj linij (sl. 13.0.4). Ako se tolerancija odnosi na osu ili središnju ravan, okvir sa strelicom stoji u produžetku kotne linije ili na samoj osnoj linij (sl. 13.0.5).



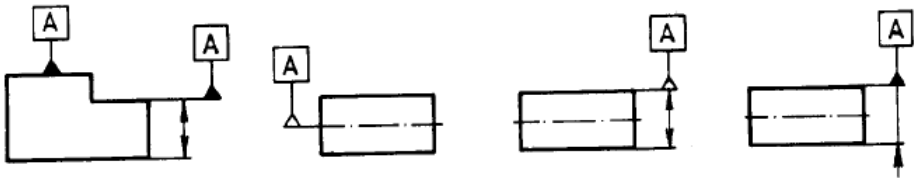
Sl. 13.4.



Sl.13.0.5.

Referentni trougao sa referentnim slovom (referentni elemenat) može da stoji na konturnoj, pomoćnoj kotnoj i osnoj liniji. Referentni trougao može da bude popunjen ili ne (sl. 13.0.6).

Referentna slova su velika latinična slova: A, B, C, ... Referentni trougao sa slovom stoji na površini koja je u uzajamnoj vezi sa površinom za koju se propisuje tolerancija položaja i na kojoj stoji pokazna strelica. Znači, za površinu na kojoj stoji pokazna strelica, propisuje se tolerancija položaja u odnosu na površinu na kojoj stoji referentni trougao..



Sl.13.0.6.

13.1. SIMBOLI ZA TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

Simboli za toleranciju oblika i položaja dati su na sl. 13.1.1.

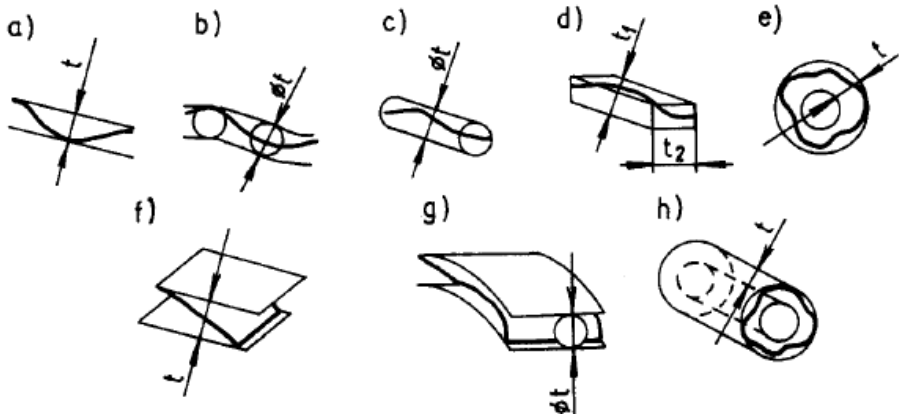
Elementi tolerancije		Karakteristika-vrsta tolerancije	Simbol (oznaka)
Pojedinačni elementi	Tolerancija oblika	Pravost	⏤
		Ravnost	▱
		Kružnost	○
		Cilindričnost	⌭
Pojedinačni ili referentni elementi		Profil linije	⌒
		Profil površine	⌓
Referentni elementi	Tolerancije pravca	Paralelnost	//
		Upravnost	⊥
		Nagib (kosina)	∠
	Tolerancije položaja	Položaj (lokacija)	⌖
		Koncentričnost i koaksijalnost	◎
		Simetričnost	⌯
	Tolerancije bacanja	Bacanje	↗
		Ukupno bacanje	⌰

Slika13.1.1. Simboli oblika

13.2. NAČINI OZNAČAVANJA TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

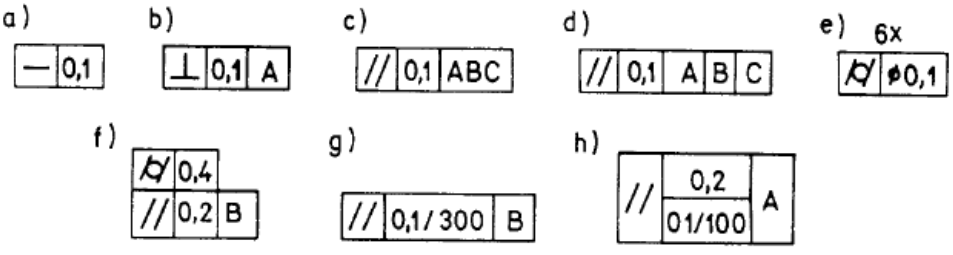
Vrednost tolerancije oblika i položaja t se izražava u mm. Zone tolerancije su različite i date su na sl. 13.2.1. Kada se tolerancija odnosi na liniju, zona tolerancije može da bude ograničena: sa dve idealno paralelne linije na rastojanju t (sl. 13.2.1.a)., sa dve krive linije između kojih je idealan krug prečnika t (sl. 13.2.1.b), da bude unutar idealnog cilindra prečnika t (sl. 13.2.21c), unutar kvadra idealnih dimenzija t1 i t2 (sl. 13.2.1.d) ili unutar dva idealno koncentrična kruga na rastojanju t (sl. 13.2.1.e). Kada se tolerancija odnosi na površinu, zone tolerancije su ograničene: sa dve

idealno paralelne ravni na rastojanju t (sl. 13.2.1.f), sa dve krive površine između kojih su idealne kugle prečnika t (sl. 13.2.1.g) i između dva idealna cilindra na rastojanju t (sl. 13.2.1.h). Stvarne ivice ili površine predmeta (nacrtane debljom linijom) moraju da budu u zonama tolerancija oblika i položaja.



Sl. 13.2.1. zone tolerancija oblika i položaja

Kada se simbol odnosi samo na jednu liniju ili površinu daje se samo vrednost tolerancije bez referentnog slova (sl. 13.2.2.a). Kada se simbol odnosi na označenu površinu (na kojoj stoji pokazna strelica) i još jednu referentnu, daje se referentno slovo (sl. 13.2.2.b). Kada se tolerancija odnosi na više referentnih površina, a redosled prioriteta nije bitan, tada se referentna slova pišu, jedno za drugim, u istu kućicu (sl. 13.2.2.c), a kada je bitan kao na sl.13.2.2.d. Ako tolerancija važi za više istih elemenata označava se kao na sl 9e. Oznaka 6x znači da ima šest istih detalja sa istom tolerancijom. Kada se za jednu površinu daju dve ili više različitih tolerancija, označavaju se kao na sl. 13.2.2.f. Ako tolerancija važi samo za ograničenu dužinu na glatkom delu na kome stoji strelica, označava se kao na sl. 13.2.2.g. Oznaka /300 znači da tolerancija važi na dužini od 300 mm. Kada je vrednost tolerancije različita po dužini označava se kao na sl. 13.2.2.h.

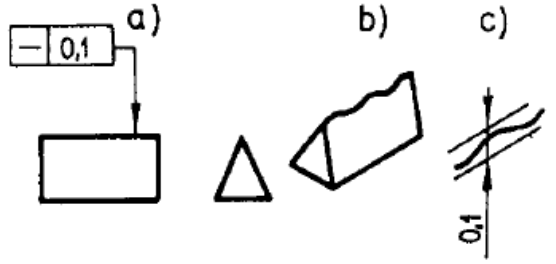


Sl.13.2.2.

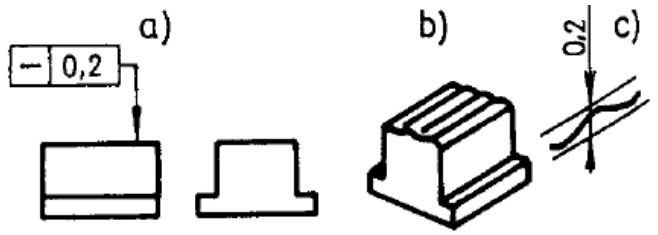
13.3. ZNAČENJE SIMBOLA TOLERANCIJE

Pravnost

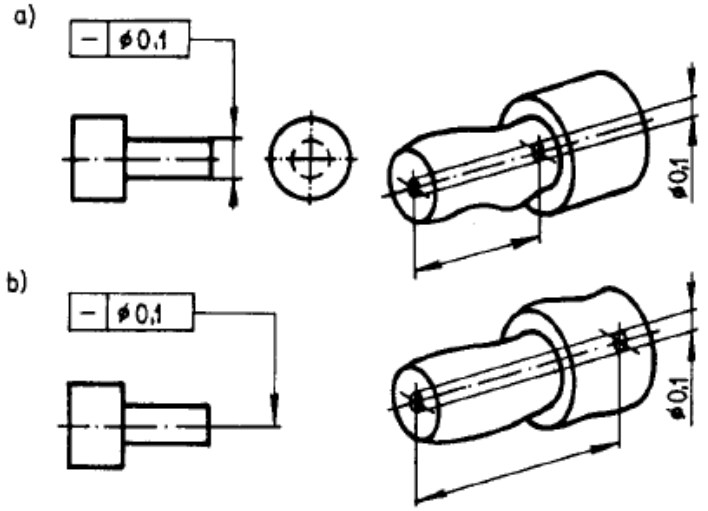
Ovaj simbol se odnosi na pojedinačne konturne linije, osne i simetralne linije. Znači da linija, na kojoj stoji pokazna linija, mora da se nalazi između dve idealno prave linije na rastojanju datom vrednošću tolerancije. Na sl. 13.3.1. dat je primer za tolerisanje ivice predmeta, na sl. 13.3.2. tolerancija svake pojedinačne linije površine, a na sl. 13.3.3. tolerancija ose.



Slika 13.3.1.



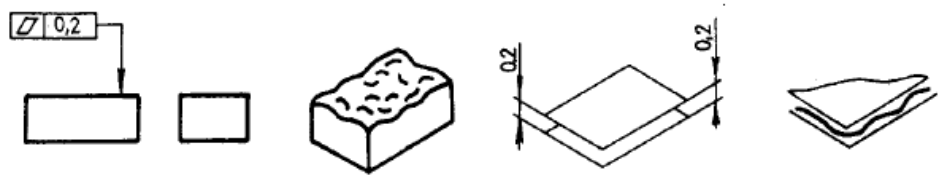
Sl.13.3.2.



Sl.13.3.3.

1. Ravnost

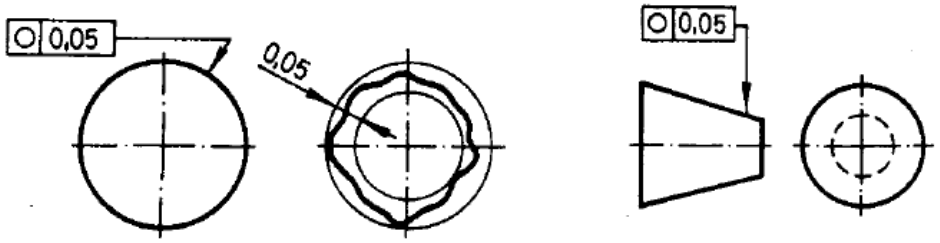
Ovaj simbol se odnosi na ravnu površinu ili simetralnu površinu predmeta. Znači da ravan na kojoj stoji pokazna linija, mora da se nalazi između dve idealno ravne i međusobno paralelne površine na rastojanju datom vrednošću tolerancije (sl. 13.3.4.).



Sl.13.3.4.

2. Kružnost

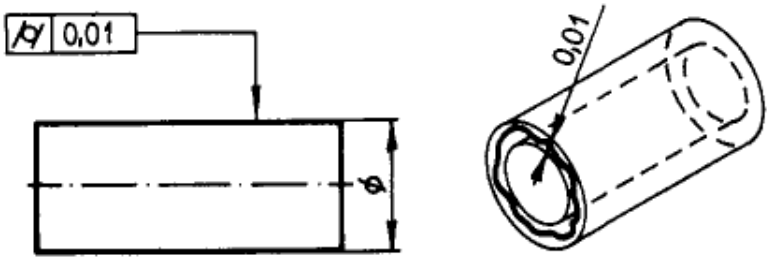
Ovaj simbol se odnosi na pojedinačne na kružne površine (cilindrične i konične). Znači da kružnica, na kojoj stoji pokazna linija, mora da se nalazi između dve idealne i koncentrične kružnice na rastojanju datom vrednošću tolerancije (sl. 13.3.4.). Kada je predmet koničan, znači da na svakom poprečnom preseku važi dati zahtev.



Sl.13.3.4..

3. Cilindričnost

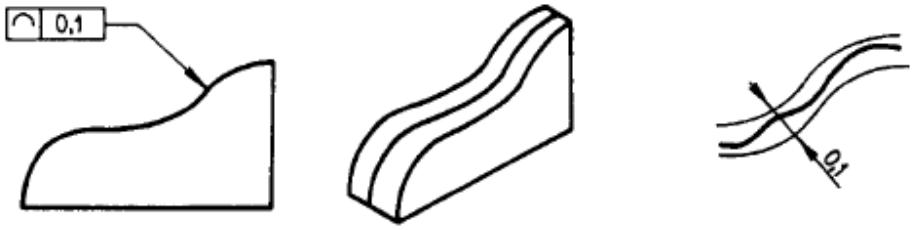
Odnosi se na cilindrične površine. Znači da se cilindar, na kom stoji pokazna linija, mora da se nalazi između dv koaksijalna cilindra na rastojanju datom vrednošću tolerancije (sl. 13.3.5.).



Sl.13.3.5.

4. Profil linije

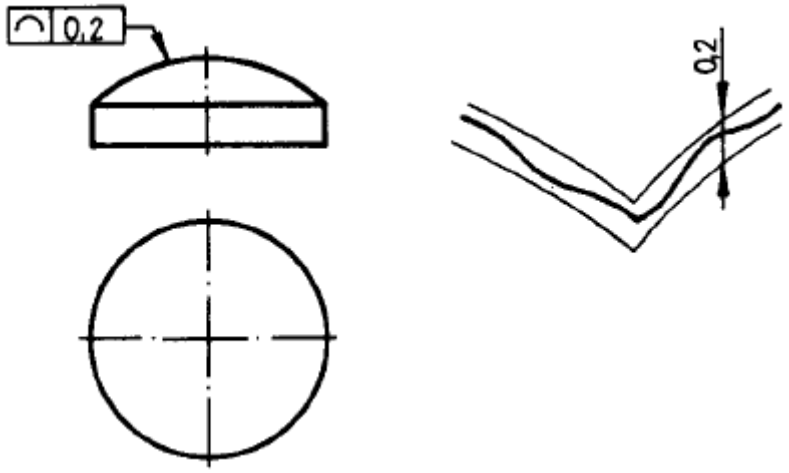
U svakom preseku paralelnom sa projekcijskom ravni tolerisani profil mora biti između dve linije obavijene krugovima prečnika datih vrednošću tolerancije, a čiji centri se nalaze na liniji koja predstavlja idealni geometrijski oblik (sl. 13.3.6).



Sl.13.3.6.

5. Profil površine

Tolerisana površina mora biti između dve površine obavijene loptama prečnika datih vrednošću tolerancije, čiji centri se nalaze na površini koja predstavlja idealni geometrijski oblik (sl. 13.3.7)

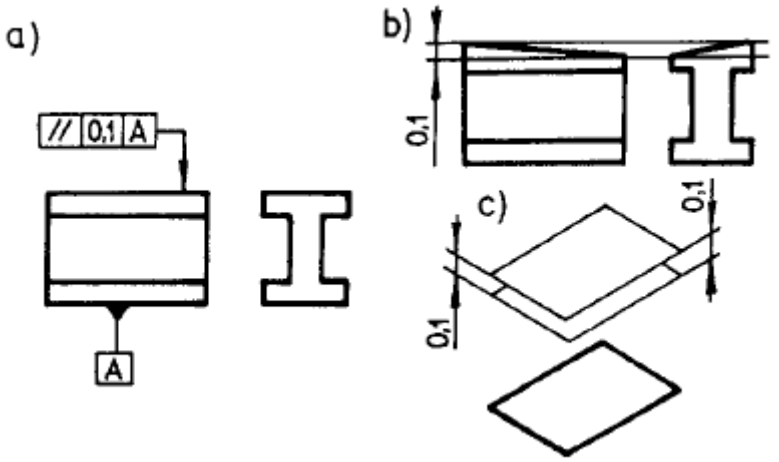


Sl.13.3.7.

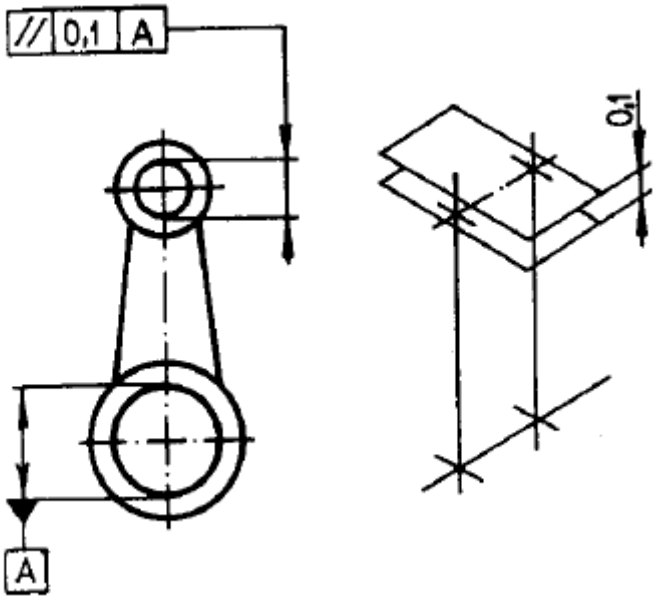
6. Paralelnost

Definiše toleranciju paralelnosti dve ili više površina ili simetralnih linija. Na sl. 13.3.8 prikazano je korišćenje i značenje ovog simbola za dve paralelne površine. Površina, na kojoj stoji pokazna linija, mora da se nalazi između dve paralelne ravni, na rastojanju datom vrednošću tolerancije, koje su paralelne sa referentnom ravni.

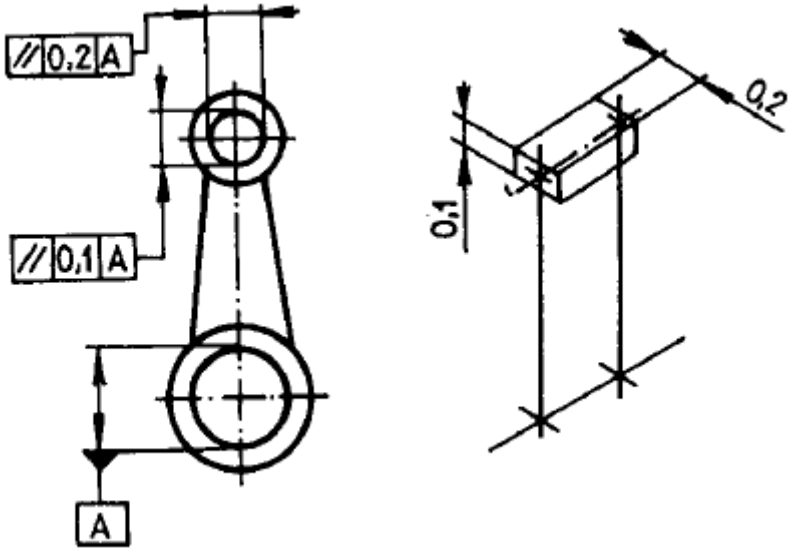
Označavanje paralelnosti osa pokazano je na sl. 13.3.9. Ako je osa za koju se propisuje tolerancija, ograničena u dve ravni onda se označava kao na sl. 13.3.10.



Sl.13.3.8.



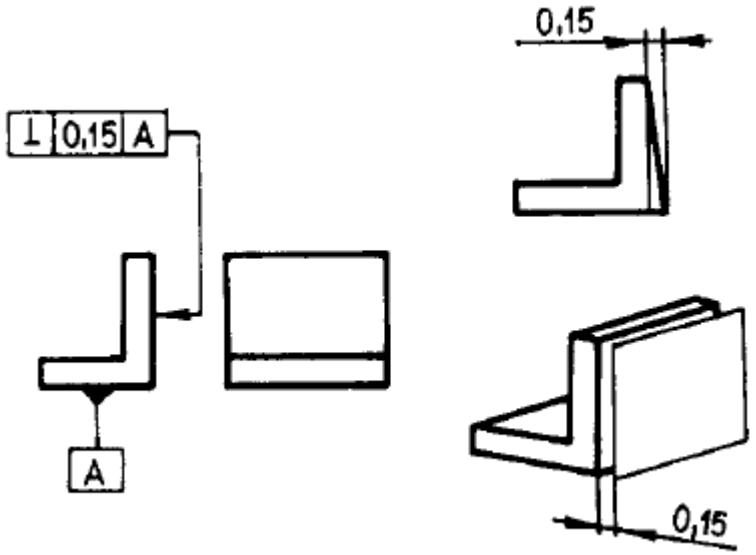
Sl.13.3.9.



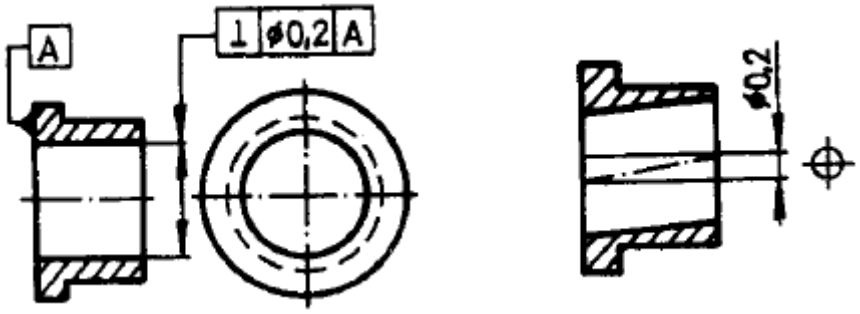
Sl.13.3.10.

7. Upravnost

Površina na kojoj stoji pokazna linija, mora da se nalazi između dve idealno ravne i paralelne ravni, na rastojanju datom vrednošću tolerancije, koje su idealno upravne na referentnu površinu (sl. 13.3.11). Tolerancija upravnosti površine i ose simetrije data je na sl. 13.3.12.



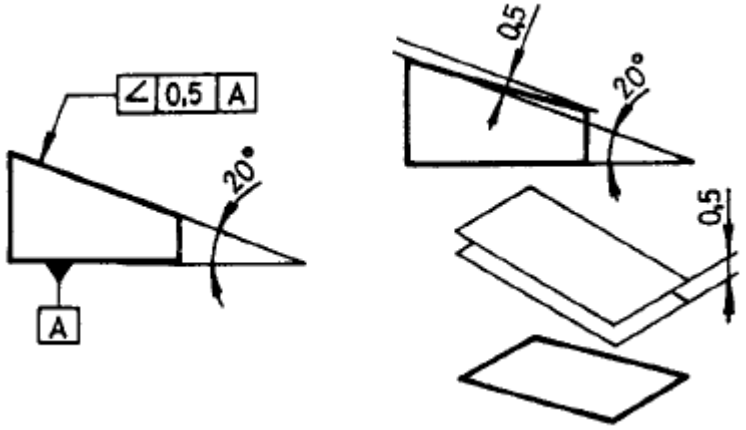
Sl.13.3.11.



Sl.13.3.12.

8. Nagib

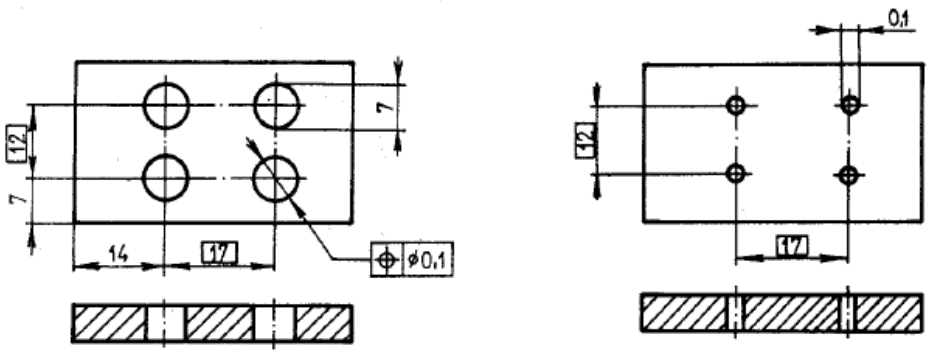
Površina, pod zadatim uglom, na kojoj stoji strelica može da se nalazi između dve idealno ravne i paralelne ravni na rastojanju definisanom tolerancijom, koje su pod zadatim uglom u odnosu na referentnu ravan (sl.13. 3.13).



Sl.13.3.13.

9. Lokacija

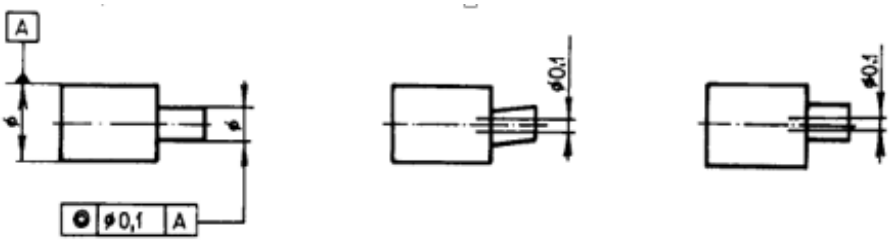
Definiše se tolerancija položaja određenih detalja na predmetu (otvora, žlebova ...). Primer na sl. 13.3.14 definiše međusobni položaj otvora prečnika 7mm. Referentna rastojanja su 12 i 17mm. Ove kote predstavljaju IDEALNE GEOMETRIJSKE MERE (uokviruju se pravougaonikom na crtežu). U odnosu na njih ose cilindara mogu da se nalaze u idealnim cilindrima prečnika 0,1 mm.



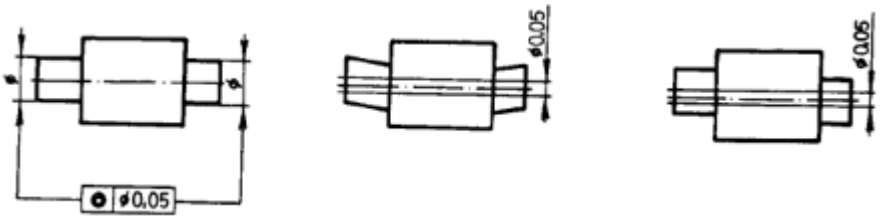
Sl.13.3.14.

10. Koncentričnost i koaksijalnost

Definiše se podudarnost osa kružnih površina. Osa dela predmeta na kome stoji referentni elemenat ostaje idealna, a osa dela na kome se nalazi pokazna strelica može da se kreće u okviru cilindra čiji je prečnik zadat vrednošću tolerancije (sl. 13.3.15). Druga mogućnost za označavanje (bez referentnog elementa) data je na sl. 13.3.16. Referentna osa je osa središnjeg dela (ona ostaje idealno prava), a ose na kojima se nalaze pokazne strelice nalaze se u cilindru čiji je prečnik definisan zadatom tolerancijom.



Slika 13.3.15.

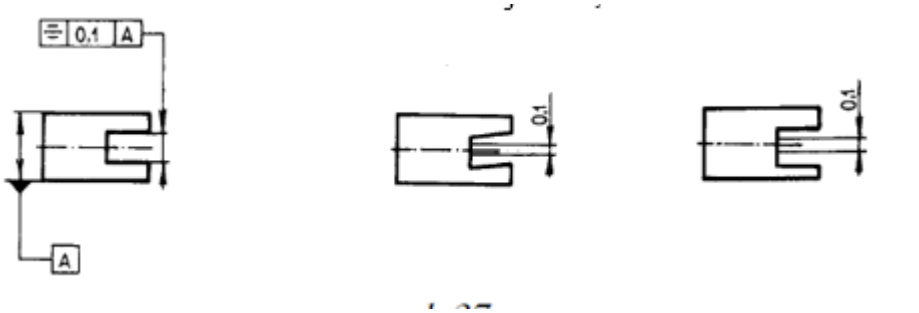


Sl.13.3.16.

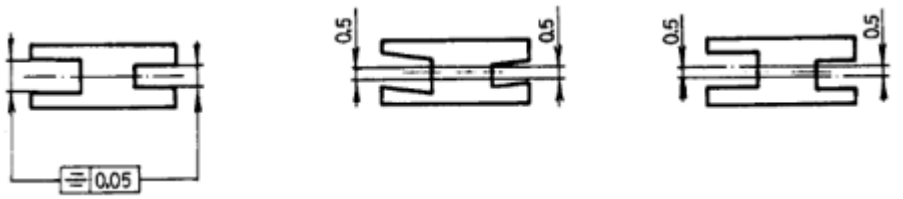
11. Simetričnost

Definiše se tolerancija položaja žljebova u odnosu neke ose predmeta. Na sl. 13.3.17 dat je primer označavanja u slučaju da postoji referentni

elemenat, a na sl. 13.3.18 slučaj kada ga nema. U ovom slučaju osa središnjeg dela predmeta je referentna (ostaje idealna), a ose dva žljeba na kojima stoje pokazne strelice nalaze se u zoni tolerancije od 0,05 mm.



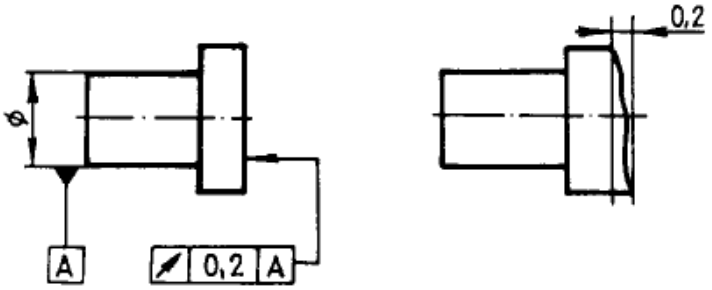
Slika 13.3.17



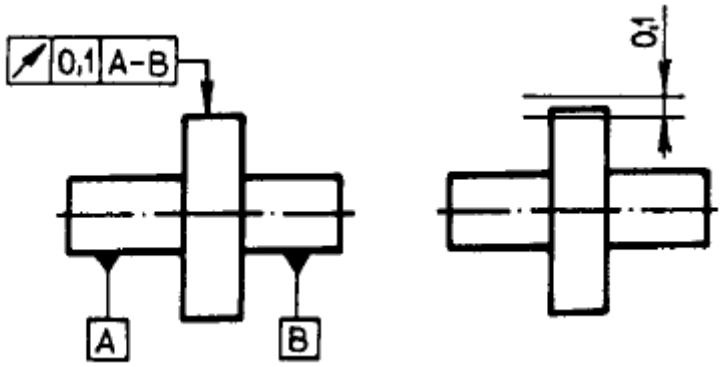
Sl.13.3.18.

12. Bacanje

Definiše se ravnost (aksijalno bacanje) i kružnost obrtanja (radijalno bacanje) između definisanih površina. Na sl. 13.3.19 dat je primer za ravnost obrtanja. Čeona površina predmeta pri obrtanju može da se kreće u zoni između dve idealno paralelne površine na rastojanju od 0,2 mm u odnosu na cilindričnu površinu na kojoj stoji referentni trougao. U primeru za kružnost obrtanja (sl. 13.3.20) cilindrična površina na kojoj stoji pokazna strelica pri obrtanju može da se kreće između dva koaksijalna cilindra na rastojanju od 0,1 mm.



Sl.13.3.19.



Sl.13.3.20.

13. Ukupno bacanje

Značenje simbola za ukupno bacanje je istovetno kao simbola za bacanje. Razlika je u načinu kontrole (merenja) bacanja i vođenja instrumenta pri merenju.

13.4. TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA SLOBODNIH MERA

Tolerancije oblika i položaja znatno poskupljuju izradu mašinskih delova te se propisuju tamo gde su neophodne. Za sve ostale delove predmeta za koje nisu eksplicitno propisane važe tolerancije oblika i položaja slobodnih mera (revidiran standard JUS. M. A1. 411) za koje su utvrđene tri klase tolerancija (H, K i L). Na crtežu se to označava u odgovarajućoj rubrici zaglavlja za crtež :"Tolerancije slobodnih mera". Na crtežu se označava kao ISO 2768-K. Upotreba opštih tolerancija oblika i položaja daje sledeće prednosti:

- crteži se lakše čitaju
- smanjuje se vreme potrebno za konstruisanje obzirom da otpada potreba za detaljnim proučavanjem tolerancija
- crtež jasno govori koji elementi se mogu izrađivati uobičajenim procesima, a istovremeno doprinosi povećanju tehnološkog nivoa, jer se smanjuje nivo potrebne kontrole
- mere koje imaju pojedinačne tolerancije za većinu delova treba da budu one mere koje zbog funkcije dela zahtevaju posebnu pažnju u izradi

Ove prednosti dolaze do izražaja samo u slučaju ako postoji dovoljna verovatnoća da opštae tolerancije neće biti prekoračene, tj. kada je uobičajena radionička tačnost konkretnih radionica jednaka ili bolja od opštih tolerancija naznačenih na crtežu.

14.0. OPŠTI PRINCIPI TOLERISANJA

Osnovni principi tolerisanja primenjuju se u tehničkom crtanju i tehničkoj dokumentaciji za utvrđivanje:

- dužinskih mera i njihovih tolerancija,
- uglovnih mera i njihovih tolerancija
- geometrijskih tolerancija,

koje određuju oblik dela sa četiri aspekta:

- veličine;
- oblikae
- orijentacije;
- položaja.

Svaka naznačena mera ili geometrijski zahtevi na crtežu moraju biti nezavisni, izuzev ako je međusobni odnos naznačen. Tamo gde međusobni odnos nije naznačen geometrijske tolerancije se primenjuju bez obzira na veličinu oblika i nisu ni u kakvoj međusobnoj zavisnosti.

1. Tolerancije dužinskih mera

Tolerancije dužinskih mera kontrolišu samo lokalne mere (merenje u dve tačke) oblika, ali ne i odstupanje od oblika (na pr. odstupanje od kružnosti i pravosti cilindričnog oblika ili odstupanje od ravnosti dve paralelne površine).

Odstupanje od oblika se može ograničiti:

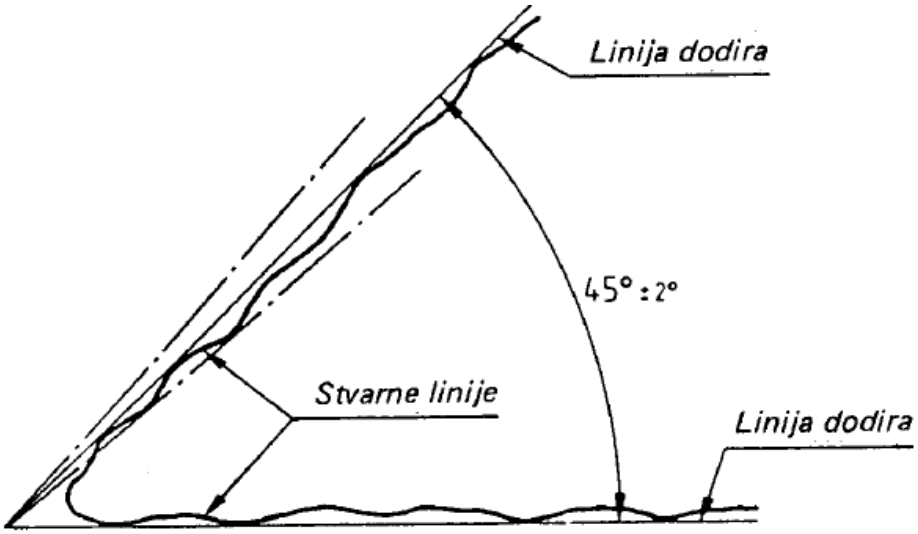
- određivanjem pojedinačnih tolerancija oblika,
- opštim geometrijskim tolerancijama,
- principom omotača.

2. Tolerancije uglova

Tolerancije uglova, izražene u uglovnim jedinicama, određuju samo pravac linije ili linijskih elemenata površina, ali ne i njihovo odstupanje od oblika (sl. 14.0.1).

Opšti pravac linije koji proizilazi iz stvarne površine je pravac dodirne linije idealnog geometrijskog oblika (sl. 14.0.1). Maksimalno rastojanje

između linije dodira i stvarne linije mora biti što je moguće manje vrednosti.



Sl.14.0.1.Tolerancije uglova

Odstupanje od oblika se određuje:

- pojedinačno utvrđenim tolerancijama oblika
- opštim geometrijskim tolerancijama

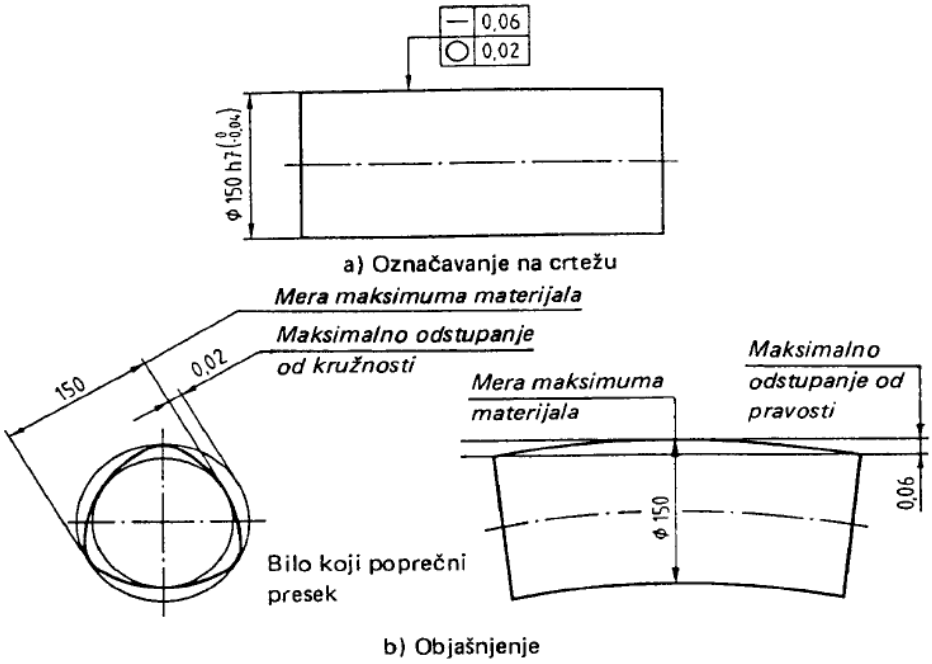
Geometrijske tolerancije

Geometrijske tolerancije utvrđuju odstupanja oblika od geometrijski tačnog:

- oblika, ili
- pravca, ili
- položaja,

bez obzira na veličinu oblika.

Geometrijske tolerancije se zbog toga primenjuju nezavisno od stvarnih lokalnih mera pojedinačnog oblika. Odstupanja od geometrijskog oblika mogu dostići maksimalnu vrednost bez obzira na to da li poprečni presek ima meru maksimuma materijala ili ne. Na primer, osovina sa merom maksimuma materijala u svakom preseku može imati ispupčenje unutar tolerancija kružnosti kao i biti savijena za vrednost tolerancija pravosti (sl. 14.0.2).



Sl.14.0.2.

Međusobna zavisnost mera i geometrije

Međusobna zavisnost mera i geometrije može se izraziti pomoću:

- principa omotača
- principa maksimuma materijala

3. Princip omotača

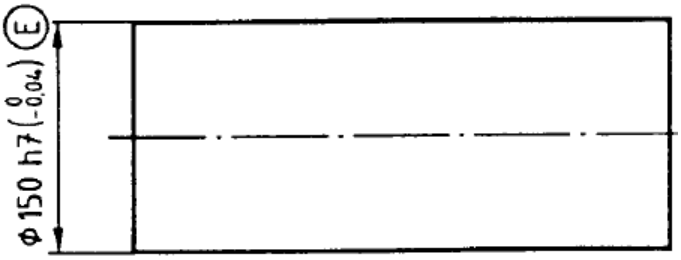
Za jednostavan oblik, koji čini bilo cilindrična površina, bilo dve paralelne ravni, može se primeniti princip omotača. Princip se sastoji u tome da omotač idealnog oblika mera maksimuma materijala ne sme biti prekoračen.

Princip omotača može biti označen:

- pomoću oznake (veliko slovo E u krugu) nakon tolerancije (sl. 14.0.3a)
- upućivanjem na standard koji se poziva na princip omotača

PRIMER – princip omotača primenjen na cilindrični oblik

a) prikazivanje na crtežu



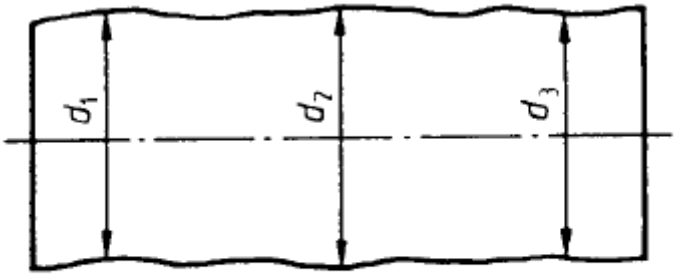
Sl.14,0.3.

b) funkcionalni zahtevi:

- površina cilindričnog oblika ne sme prekoračiti omotač idealnog oblika mera maksimuma materijala φ150
- nijedna stvarna mera ne sme biti manja od φ149,96

Na osnovu ovoga stvarni deo mora zadovoljiti sledeće zahteve:

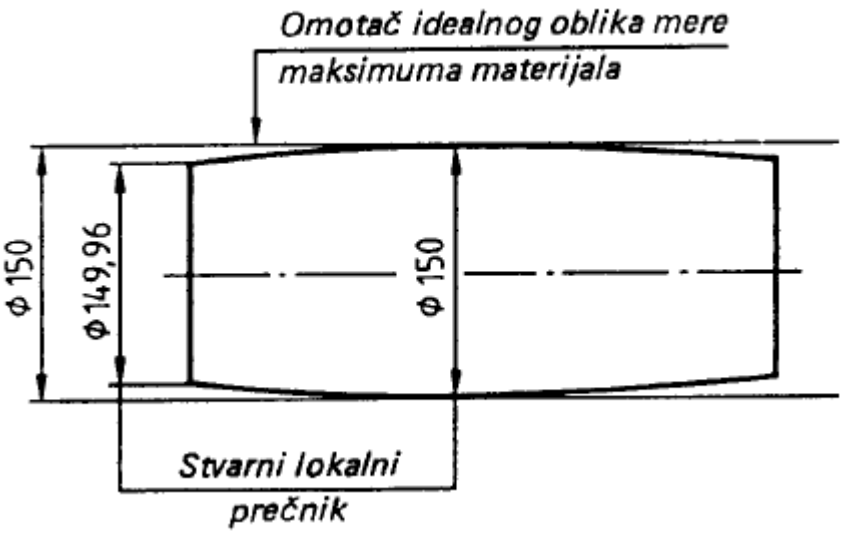
- svaki stvarni lokalni prečnik osovine mora ostati unutar tolerancijskog polja veličine 0,04 i mora da se kreće između φ150 i φ149,96 (sl. 14.0.3b)



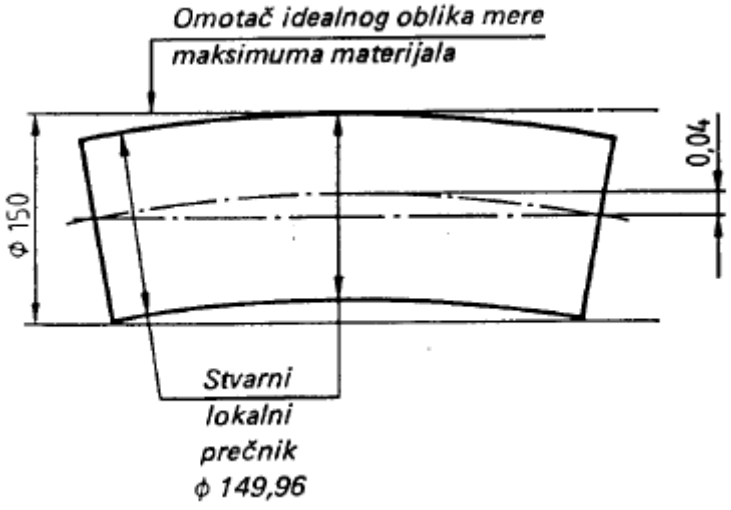
d_1 , d_2 , d_3 : stvarni lokalni prečnici

Sl.14.0.3/b

- cela dužina osovine mora biti u granicama omotača cilindra idealnog oblika prečnika φ150 (sl. 14.0.3c i 14.0.3d)

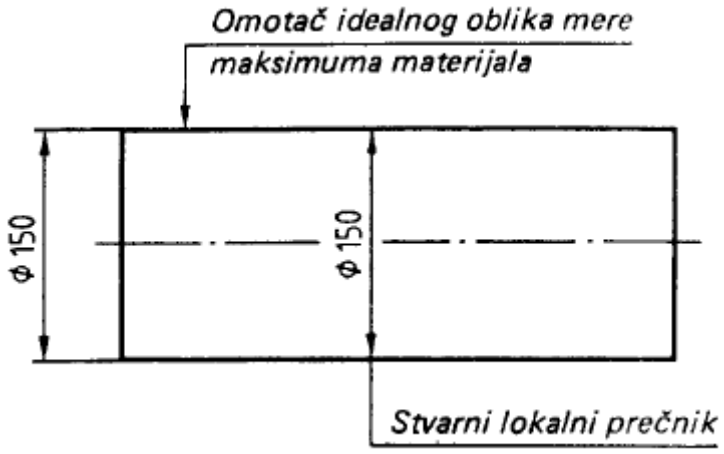


Sl.14.0.3/c



Sl.14.0.3/d

Na osnovu ovoga sledi da je osovina tačno cilindrična kada svaki stvarni lokalni prečnik ima meru maksimuma materijala φ150 (sl. 14.0.3e).



Sl.14.0. 3/e

4. Princip maksimuma materijala

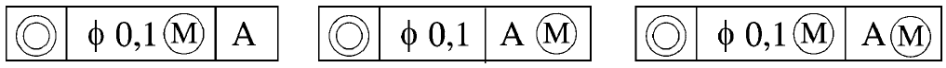
Neosporno je da se za svaki sklop tolerancije oblika i položaja moraju usvajati tako da je i pri najnepovoljnijem slučaju, kada je ostvaren tzv. kriterijum "maksimuma materijala" (na pr. minimalni otvor i maksimalna osovina), moguće ostvariti funkcionalni sklop.

U slučaju da je dimenzija elementa manja od maksimalno dozvoljene mere, kriterijumom "maksimum materijala" dozvoljava se povećanje tolerancije oblika i položaja za veličinu razlike mera pri uslovu "maksimum materijala" i stvarne mere. Ovim uslovom se, nesumnjivo, utiče na smanjenje škarta pa ga zbog toga treba, kad god je to moguće, koristiti.

Označavanje uslova "maksimum materijala" vrši se oznakom M u krugu, koja se postavlja iza:

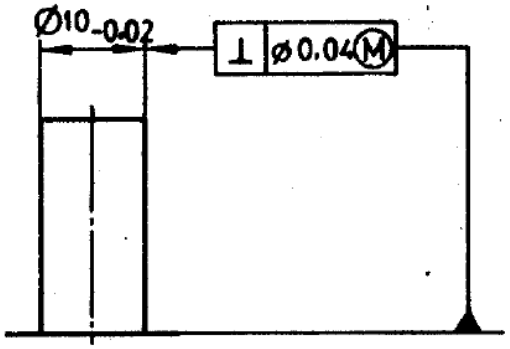
- vrednosti tolerancije oblika ili položaja,
- oznake (slova) referentnog elementa,
- i jedne i druge oznake (sl. 14.0.4)

u zavisnosti od toga na koji se parametar odnosi uslov "maksimum materijala".



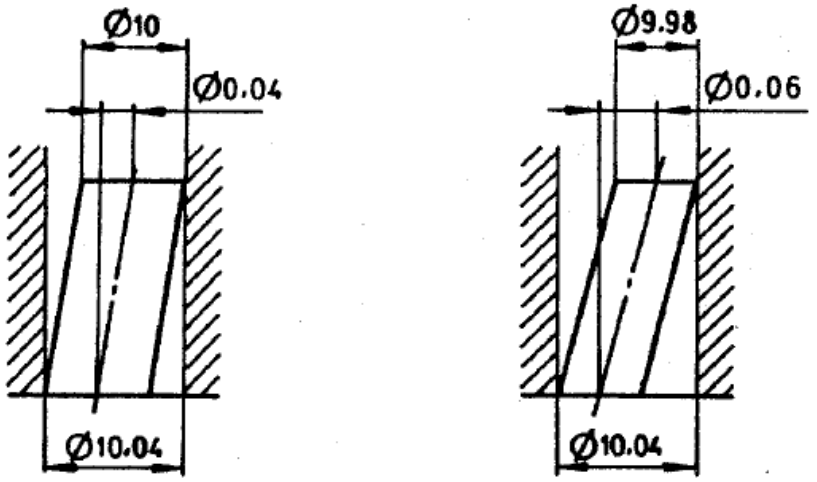
Sl.14.4.

Primer načina ispisivanja tolerancije položaja, sa primenom kriterijuma "maksimum materijala", dat je na slici 14.0.5.



Slika 14.0.5 Tolerancija upravnosti sa primenom kriterijuma "maksimum materijala"

U navedenom primeru, u slučaju da je osovina urađena na meru "maksimum materijala", to znači da je najveće dozvoljeno odstupanje položaja njene ose φ0,04 i da tada zauzima najveći prostor od φ0,04, kao što je pokazano na slici 14. 0.6.

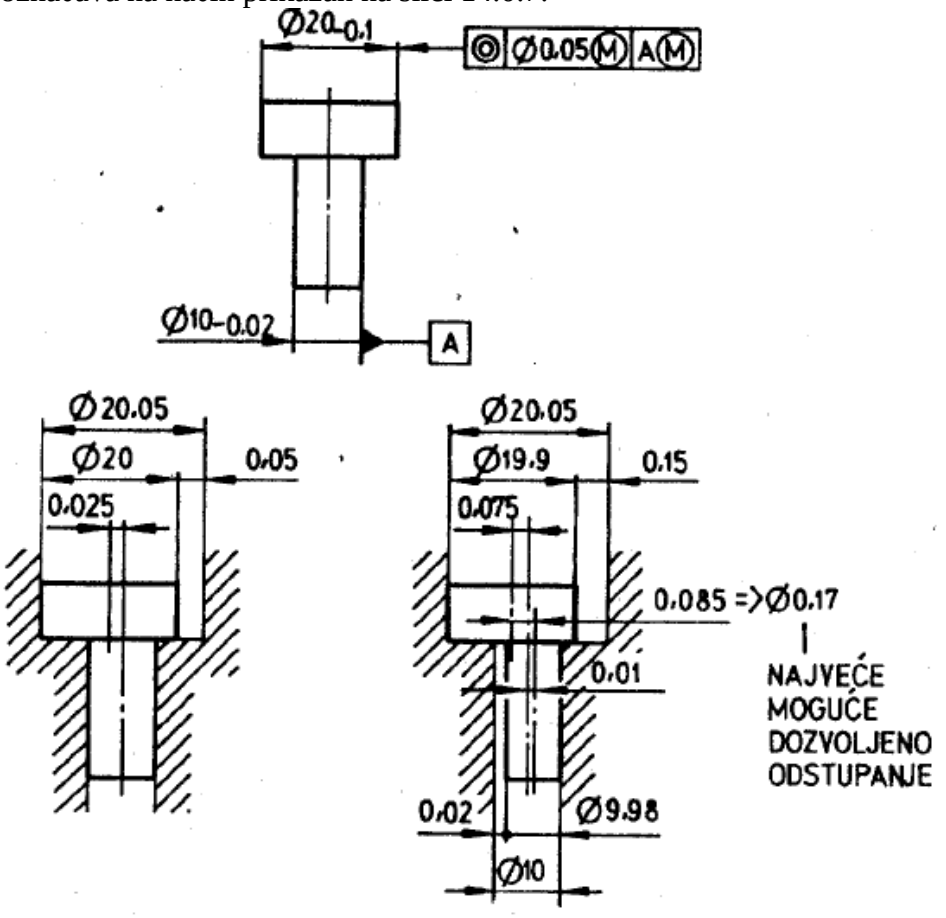


Slika 14.0.6 Prikaz dozvoljenog odstupanja osovine (sl. 14.0.5) a- pri najvećem prečniku osovine; b- najmanjem prečniku osovine

Ako je stvarana dimenzija osovine manja od maksimalno dozvoljene mere onda se kriterijumom "maksimum materijala" dozvoljava povećanje odstupanja položaja njene ose od φ0,06, kao što je prikazano na sl. 6b.
U većini slučajeva ovakvim tolerancijama se dozvoljava znatno veće odstupanje oblika i položaja, što svakako znatno utiče na smanjenje škarta i time troškova proizvodnje, tako da je primena uslova "maksimuma

materijala", u okviru tolerancija oblika i položaja, ne samo opravdana već i poželjna.

Ako se posredstvom kriterijuma "maksimum materijala" dozvoljava povećanje tolerancija oblika i položaja i bazne površine, onda se to označava na način prikazan na slici 14.0.7.



Slika 14.0.7 Prikaz mačina označavanja kriterijuma "maksimum materijala" kada se on odnosi na tolerisanu kotu i na referentni elemenat

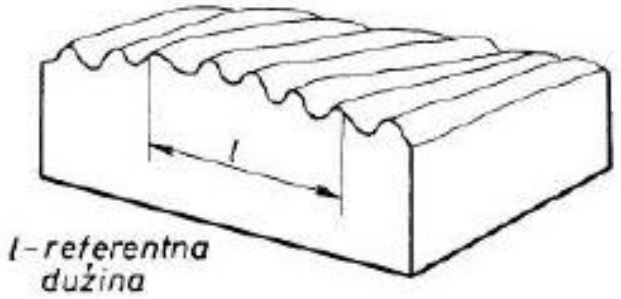
15.0. OZNAČAVANJE KVALITETA I POVRŠINSKE HRAPAVOSTI

Neravnine na površini mašinskog dela ne mogu se izbeći jer nastaju kao posledica primene odgovarajućeg postupka izrade. Prema stepenu nepravilnosti određuje se kvalitet obrađene površine koji utiče na smanjenje trenja kod kliznih površina, sprečavanje pojave koncentracije napona, hermetičnost, otpornost na koroziju i konačno estetski izgled

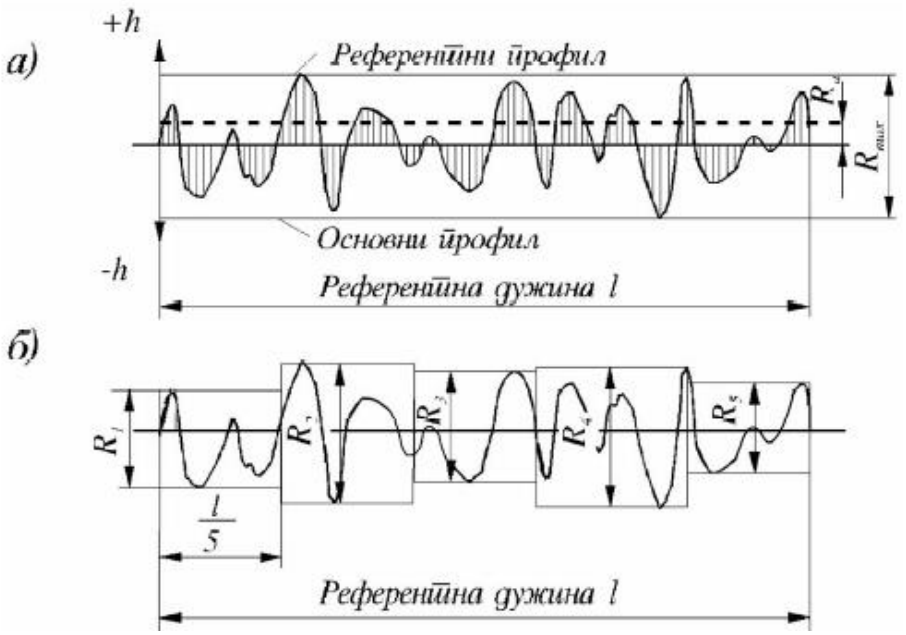
proizvoda. Za određenu površinu se u odnosu na njenu funkciju definiše optimalan kvalitet obrade, je se zahtevima za finije obrađenim površinama poskupljuje proizvodnja.Ukoliko se obrađena površina u poprečnom preseku uveća mogu da se uoče mikrogeometrijske nepravilnosti površine u odnosu na geometrijski idealno ravnu površinu.

1. **Osnovni parametri hrapave površine:**

Hrapavost površina mašinskih delova karakterisana je oblikom i veličinom neravnina.
Stvarna površina je površina koja ograničava mašinski deo.
Geometrijska površina je površina definisana crtežom ili postupkom obrade, ne uzimajući u obzir greške oblika i hrapavosti.
Efektivna površina je približna slika stvarne površine, koje se sredstvima merenja može ustanoviti.
Referentna dužina (l) je odabrana dužina odsečka profila, tako da je eliminisan uticaj valovitosti i drugih nepravilnosti. sli.15.0.1.
Srednja linija profila je linija koja ima oblik geometrijskog profila, a koje seče efektivni profil, tako da u granicama referentne dužine, suma kvadrata odstojanja svih tačaka profila od te linije bude minimalna (sl. 15.0.2).
Parametri mikroprofila obrađene površine su najveća visina neravnina **Rmax**, srednja visina neravnina **Rz** i srednje aritmetičko odstupanje mikroprofila Ra. Srednje aritmetičko odstupanje mikroprofila **Ra** definiše se kao srednja aritmetička vrednost odstojanja svih tačaka efektivnog profila od srednje linije na referentnoj dužini (sl. 15.0.2,a)



Slika 15.0.1. Relativna dužina hrapave površine

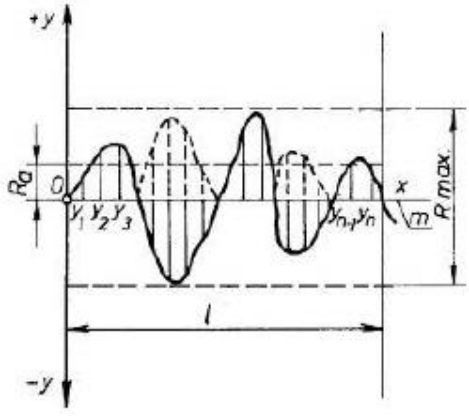


Slika 15.0.2. Mikroprofil obrađene površine

2. Kvalitet obrade površine

Srednja aritmetička vrednost odstupanja svih tačaka efektivnog profila u odnosu na srednju liniju m, na referentnoj dužini l, slika 15.0.3. računa se po obrascu:

$$R_a \approx \frac{\sum_{1}^{n} |y|}{n}$$



Slika. 15.0.3. Srednja armimetička vrednost svih tačaka

i predstavlja srednje odstupanje od profila koje se najčešće koristi kao parametar za određivanje kvaliteta obrade površine (klase hrapavosti).

3. Klase površinske hrapavosti

Na osnovu Rapovršinska hrapavost mašinskih delova se razvrstava u 12 klasa hrapavosti, prikazano u tabeli 15.0.1:

Tabela.15.0.1. Klase hrapavosti

Ra_{max} (μm)	broj klase površinske hrapavosti
0,025	N1
0,050	N2
0,1	N3
0,2	N4
0,4	N5
0,8	N6
1,6	N7
3,2	N8
6,3	N9
12,5	N10
25	N11
50	N12

4

Manji broj odražava finiji kvalitet obrađene površine.

4. Veza ISO tolerancija i klasa površinske hrapavosti

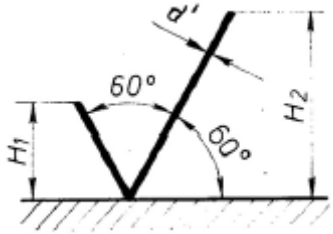
Između klasa ISO tolerancija i klasa površinske hrapavosti mašinskih delova postoji uzajamna zavisnost, data je u tabeli 15.2.

Tabela 15.0.2. Veza između ISO tolerancije i klase hrapavosti

Oznaka klase ISO-tolerancija	Oznaka klase kvaliteta obrade i pripadajuća vrednost srednjeg odstupanja profila R_a za područje naziv mera									
	do 3		iznad 3 do 18		iznad 18 do 80		iznad 80 do 250		iznad 250	
	klasa	R_a	klasa	R_a	klasa	Ra	klasa	Ra	klasa	Ra
IT 5	4	0,1	5	0,2	6	0,4	6	0,4	7	0,8
IT 6	5	0,2	6	0,4	6	0,4	7	0,8	7	0,8
IT 7	6	0,4	6	0,4	7	0,8	8	1,6	8	1,6
IT 8	6	0,4	7	0,8	8	1,6	8	1,6	9	3,2
IT 9	7	0,8	7	0,8	8	1,6	9	3,2	10	6,3
IT 10	8	1,6	8	1,6	9	3,2	10	6,3	10	6,3
IT 11	8	1,6	9	3,2	10	6,3	10	6,3	11	12,5
IT 12	9	3,2	9	3,2	10	6,3	11	12,5	12	25

5. Oznaka kvaliteta obrađene površine

Utvrđena klasa površinske hrapavosti se u tehnički crtež unosi pomoću standardom utvrđenih oznaka. Osnovna oznaka (sl.15.0.4.) za označavanje kvaliteta obrađene površine mašinskog dela se sastoji od dva kraka pravih linija pod uglom od 60°u obliku kukice:



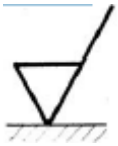
Sl.15.0.4 Oznaka za označavmje kvaliteta površine

sa osnovnim merama koje zavise od formata crteža, tabela 5.0.2. :

Tabela 15.0.2. Osnovne veličine znaka kvaliteta površine

visina H_1	5	7	10	14	20	28
visina H_2	10	14	20	28	40	56
debljina linije za oznaku (d')	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
visina oznaka i velikih slova (h)	3,5	5	7	10	14	20

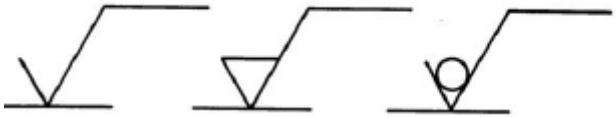
Ukoliko se radi o površi koja se obrađuje skidanjem strugotine koristi se osnovna kukica u zatvorenom obliku:



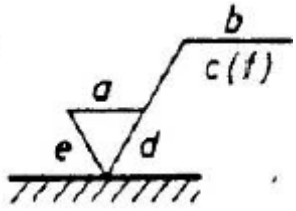
dok se kod površina koje se obrađuju bez skidanja strugotina koristi osnovna kukica sa dodatkom kružića:



Kada je potrebno dopisivanje nekih dopunskih oznaka, dužem kraku bilo kog oblika kukice se dodaje nastavak u obliku horizontalne linije čija dužina zavisi od dužine dopunske oznake:



6. Zbirni znak za dodatne oznake



- a –vrednost hrapavosti Rau mikrometrima ili broj klase hrapavosti N1 do N12
- b –metod proizvodnje, postupak ili prevlaka

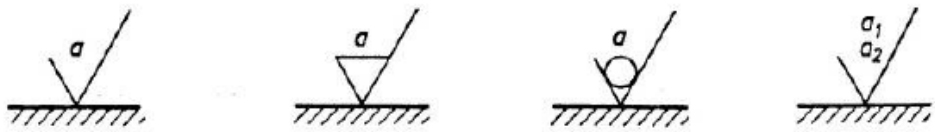
- c –referentna dužina
- d –pravac prostiranja neravnina
- e –dodatak za mašinsku obradu
- f –drugi kriterijumi hrapavosti (Rz, Rmax

Tbelarni pregled zbirnih znakova za označavanje hrapavosti tehničkih površina na tehničkim crtežimaprikazano je na slici 15.0.5.

a) osnovni grafički simbol za teksturu površine	proširenigrafički simboli	
	b) obrada odvajanjem čestica	c) obrada bez odvajanja čestica
potpuni grafički simboli		
d) svi postupci dopušteni	e) obrada odvajanjem čestica	f) obrada bez odvajanja čestica

Slika 15.0.5. Grafički simboli za označavanje hrapavosti površine

Oznaka površinske hrapavosti



Kada je naznačena samo jedna vrednost ona predstavlja maksimalnu dozvoljenu vrednost površinske hrapavosti izraženu glavnim kriterijumom hrapavosti Ra ili odgovarajućom klasom hrapavosti (na primer: a=N9 ili a=6,3).
Ako se naznačuju najveća i najmanja granična vrednost glavnog kriterijuma prikazuju se obe vrednosti i to tako da vrednost finijeg kvaliteta obrade (a_1) bude iznad vrednosti grublje obrade (a_2) (na primer: a_1=1,6i a_2=6,3, odnosno a_1=N7 i a_2=N9).

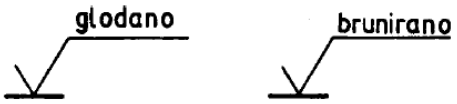
7. Oznake specijalnih karakteristika površinske hrapavosti

Na mestu označenom sa **a** daje se vrednost srednjeg aritmetičkog odstojanja profila Ra izražena u mm ili odgovarajući broj klase (sl. 15.5).

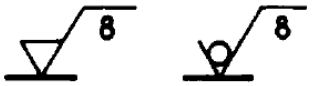


Sl.15.5.

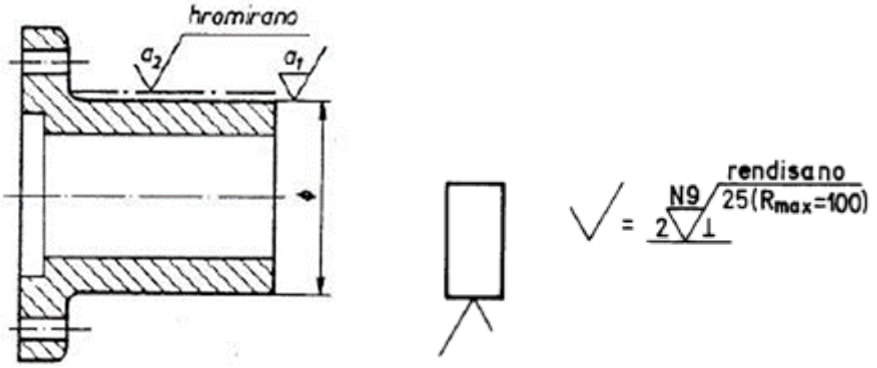
Na mestu **b** daje se postupak izrade (liveno, kovano, brunirano, ...itd.) (sl.15.0.6). Referentna dužina daje izražena u mm daje se na mestu c (sl. 15.0.7).



Sl.15.0. 6.



Sl.15.0.7.



Na mestu **d** daje se oznaka za pravac prostiranja neravina (brazdi) koje ostaju nakon obrade (sl. 15.0.8). U tabeli na sl 15.0.3. dato je značenje oznaka za pravac prostiranja neravnina.

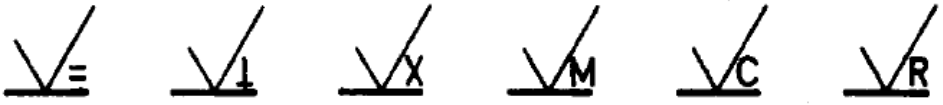
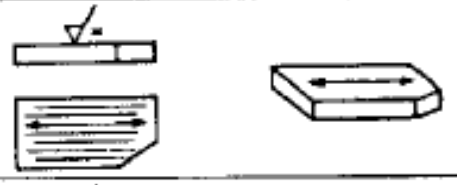
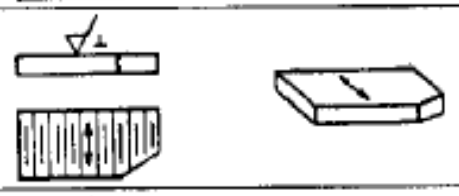
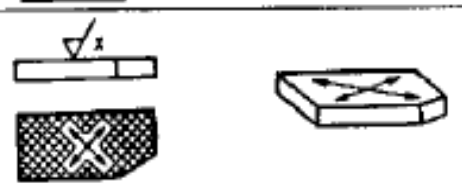
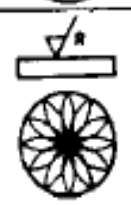


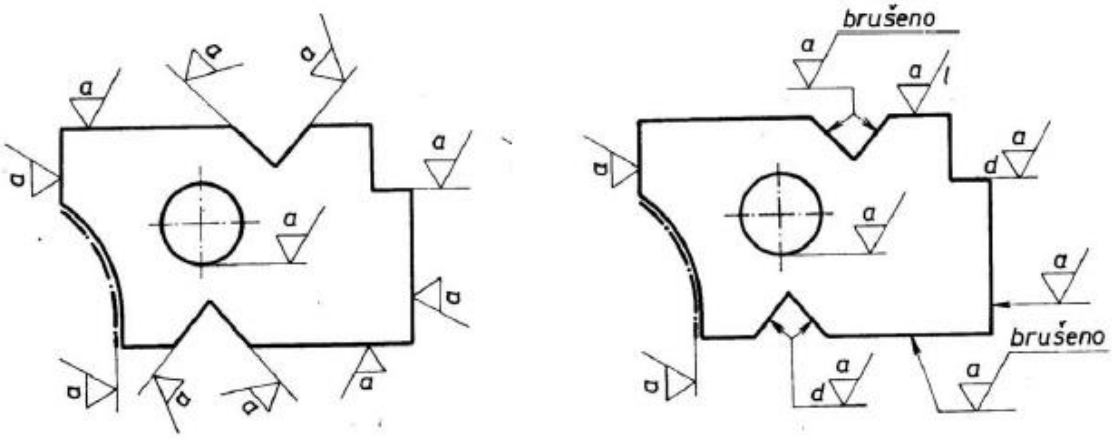
Tabela.15.0.8. Znaci pravca prostiranja neravnina

Tabela 15.0.3. Značenje ozmaka pravca prostiranja neravnina

Znak	Tumačenje	Izgled
=	Paralelno ravni projekcije u kojoj je znak postavljen	
⊥	Upravno na ravan projekcije u kojoj je znak postavljen	
X	Ukršteno u dva kosa pravca relativno prema ravni projekcije u kojoj je znak postavljen	
M	U više pravaca	
C	Približno kružno prema središtu površine na koju je znak primenjen	
R	Približno radijalno prema središtu površine na koju je znak primenjen	

8. Označavanje na crtežima

Ukoliko se uz oznaku upisuje samo vrednost površinske hrapavosti tada oznaka može biti u bilo kom položaju, ali sama vrednost mora biti orijentisana tako da bude čitljiva odozdo i sa desne strane, primer na slici 15.0..

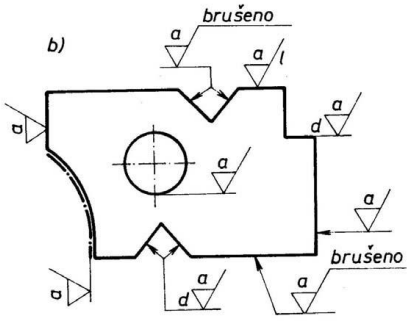


Slika 15.0.9. Označavanje na crtežu

Ako oznaka za kvalitet hrapavosti sadrži dodatne oznake stanja površine onda ona mora biti upisana u crtežtako da bude čitljiva sa desne strane i odozdo.

Oznaka se dovodi u vezu sa površinom na koju se odnosi sl.15.0.10**:**

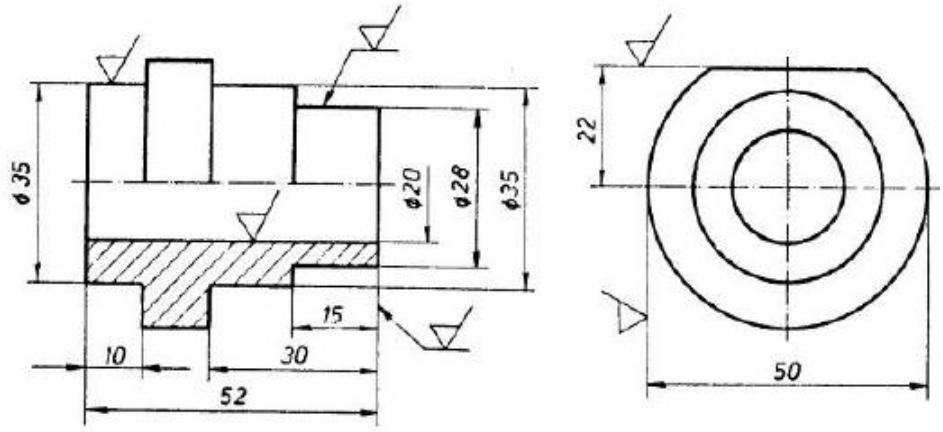
- direktno
- inijom produžetka površine i
- određenom linijom



Slika15.0.10.

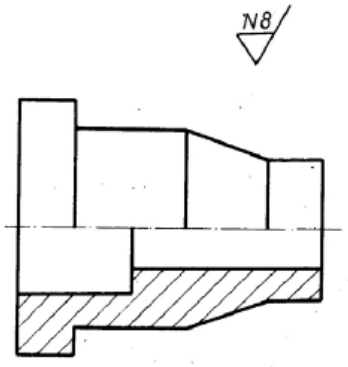
Oznaka i strelica moraju svojim vrhom da priđu površini sa spoljne strane predmeta.

Znak za površinsku obradu se koristi samo jednom za jednu površinu, 15.0.11. i to u projekciji u kojoj je ta površina dimenzionisana:

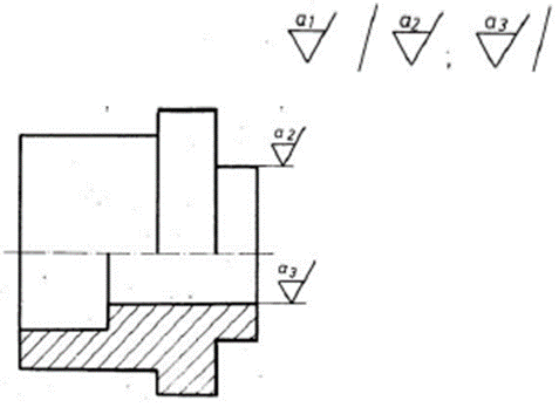


Slika 15.0.11

Ukoliko sve površine treba da imaju isti kvalitet obrade oznaka se ne stavlja na svaku od površina već se propisuje zajednička oznaka koja se postavlja u desnom gornjem uglu crteža, slika 15.0.12:

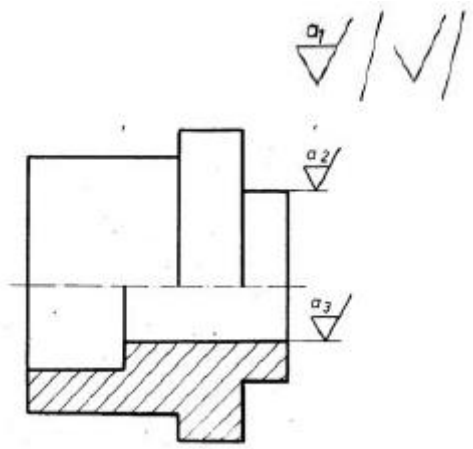


Slika 15.0.12.



Slika 15.0.13.

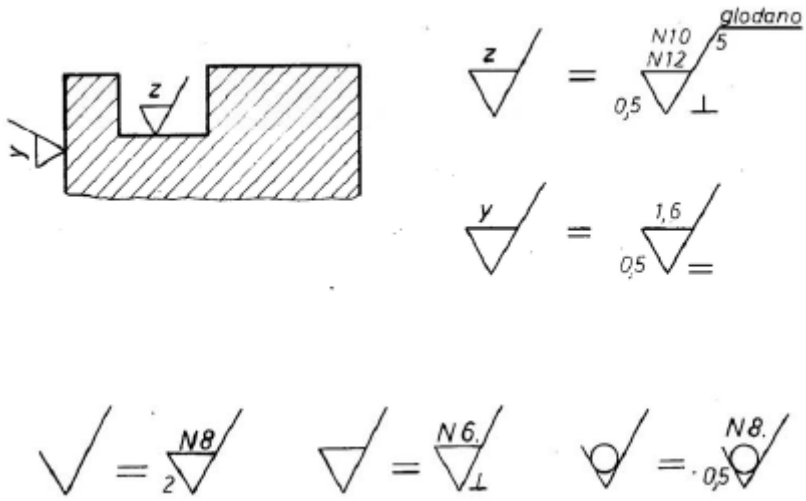
Ako se zahteva ista hrapavost na većem broju površina onda se ona propisuje zbirnim znakom u desnom gornjem uglu crteža, slika 15.0.13. Između dve kose crte upisuju se ostali stepeni hrapavosti koji se odnose na druge površine prema rastućim brojevima, odnosno grubljim obradama, a te oznake se takođe moraju ucrtati i na odgovarajućim mestima u crtežu:
Umesto da se između kosih crta upisuje više znakova može se upisati samo osnovna oznaka u vidu otvorene kukice, slika 15.0.14., što upozorava da se oznake kvaliteta obrade pojedinih površina treba da potraže na samom crtežu:



Slika 15.0.14.

9. Uprošćenja složenih oznaka

Da bi se izbeglo ponavljanje složenih oznaka mogu se koristiti uprošćene oznake (slika 15.0.15.) pod uslovom da se njihovo značenje prikaže na crtežu:



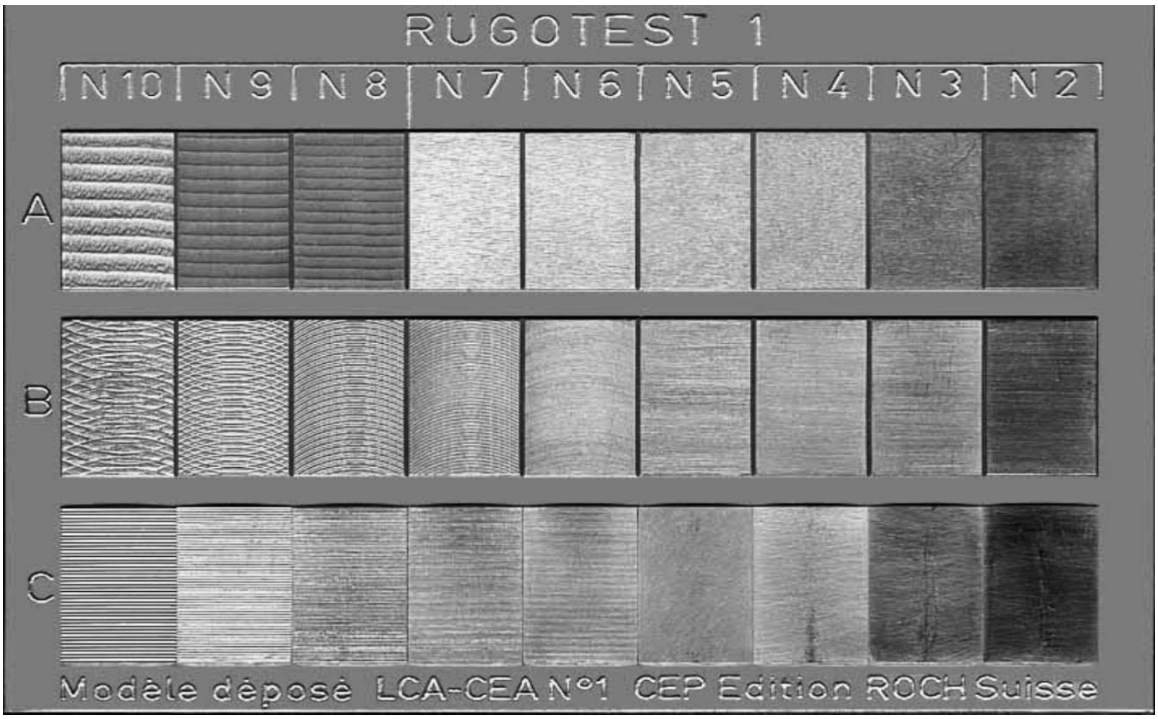
Slika 15.0.15.

Koji će se kvalitet površina usvojiti zavisi od uloge, funkcije i naleganja dela u sklopu, od cene, načina izrade i sl. U tabeli 15.0.4. dat su opsezi kvaliteta površinske hrapavosti u zavisnosti od postupka izrade.

Tabela 15.0.4. Postupci obrade i hrapavosti površine

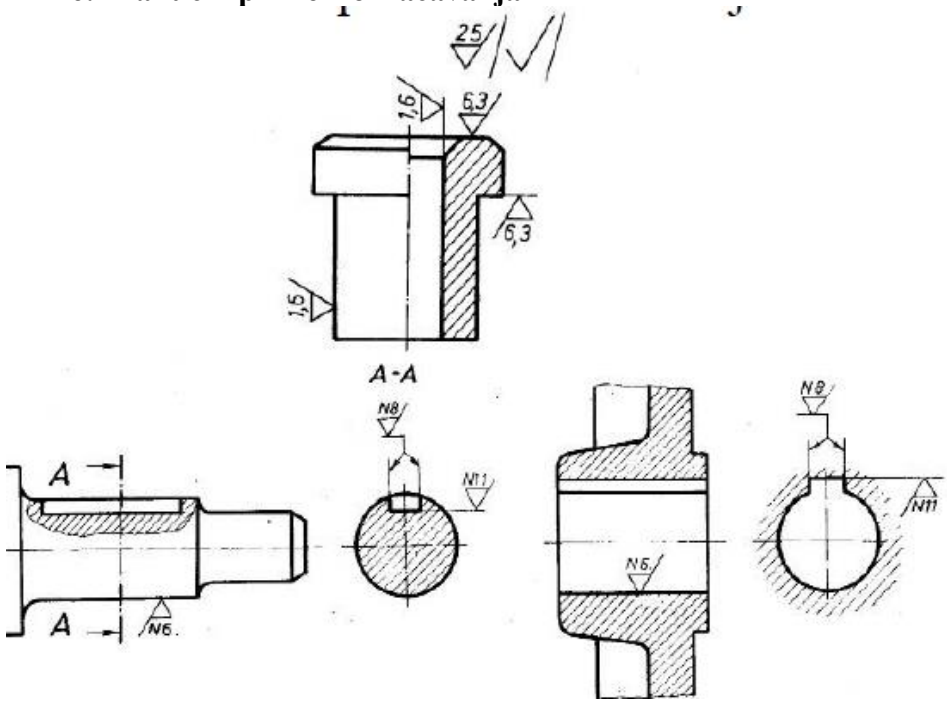
Stupanj hrapavosti			N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	
Razred hrapavosti		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R_a [μm]		0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100
R_z [μm]		0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200	400
Ručna obrada	grubo turpijanje														
	fino turpijanje														
Lijevanje	u pijesku														
	u kokili														
Kovanje	toplo, slobodno														
	toplo u ukovnju														
	hladno u ukovnju														
Valjanje	toplo														
	hladno														
Pjeskarenje															
Tokarenje	grubo														
	fino														
Blanjanje	grubo														
	fino														
Provlačenje	grubo														
	fino														
Glodanje	grubo														
	fino														
Bušenje															
Razvrtavanje															
Brušenje	grubo														
	fino														
Poliranje	mehaničko														
	električno														
Honanje, lepanje															
Superfiniš															

Pored savremnih dijagnostičkih uređaja ovog vremna, za merenje hrapavosti obrađene površine često se u proizvodnim pogonim koristi vizuelni uporedni etaloni takozvani Rugotest. Rugotest je test usporedni, koji omogućuje da stručno lice procijeni površinu pomoću referenca na na bazi etalona hrapavosti. Poređenje se vrši optički, okom, i osjećaju, dodirom prstom. Na slici 15.0.16. prikazan je Rugotes sa klasama hrapavosti od N2 do N10.

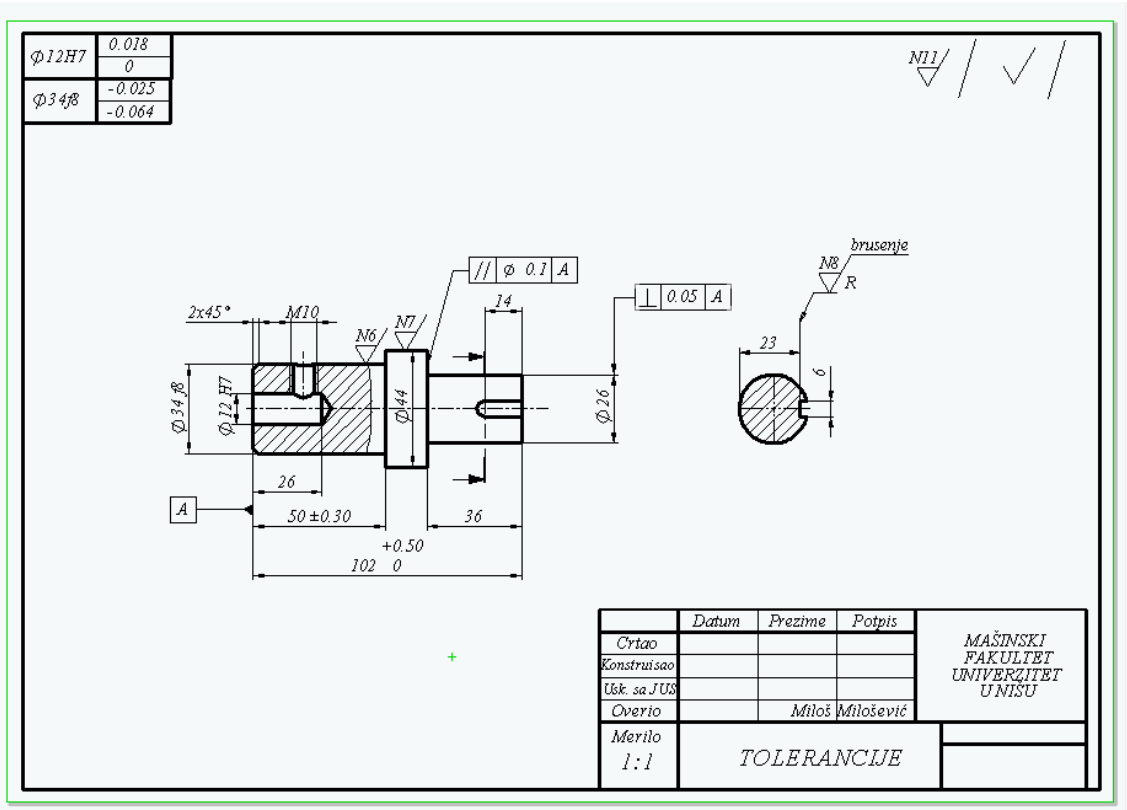


Slika 15.0.16. Rugotest

10. Praktični primeri označavanja



Označavanja kvaliteta površine na radioničkom crtežu



16.0. RADNI NAPONI U OSNOVNIM DELOVIMA MAŠINSKIH SISTEMA

1. Definicija i podela mašinskih elemenata

Mašinski elementi su izvršioci elementarnih funkcija mašinskog sistema. Mašinski sistemi su materijalizovani proizvodi ljudskog rada koji samostalno vrši određenu funkciju. Mašinski sistemi mogu biti: energetski, radni i posebne namene. Energetski sistem vrši pretvaranje jednog oblika energije u drugi, radni sistemi vrše konkretan rad i sistemi posebne namene ostvaruju posebne funkcije. Mašinski sistemi su sastavljeni od mašinskih grupa, podgrupa, sklopova, podsklopova i delova koji su funkcionalno povezani u jednu tehničku celinu. Pod osnovnim mašinskim delom se podrazumeva deo mašine koji se ne može dalje rasklopiti. Više funkcionalno povezanih osnovnih mašinskih delova čine mašinski podsklop a više podsklopova i osnovnih delova čine mašinski sklop.

Mašinski sklopovi, podsklopovi i osnovni delovi međusobno funkcionalno povezani čine mašinsku podrgupu ili grupu.
Mašinski elementi mogu biti mašinski delovi, podslopovi, sklopova ili mašinska podgrupa ili grupa ukoliko izvršavaju elementarne radno-tehničke funkcije. Mašinski elementi se dele na opšte, koji su sastavni delovi svih vrsta mašina i posebne, koji se ugrađuju na ograničenom broju mašina. Zavisno od funkcije koju vrše opšti mašinski elementi se dele na :

1. Mašinski elementi za vezu koji obezbeđuju vezu mašinskih elemenata u sklopu (zakivci, zavrtnji, klinovi, čivije ...)
2. Mašinski elementi za prenos snage koji omogućavaju transformaciju mehaničke energije (frikcioni, kaišni, zupčani i lančani parovi)
3. Mašinski elementi za obrtno kretanje koji nose obrtne elemente i stvaraju obrtno kretanje (osovinice, osovine i vratila).

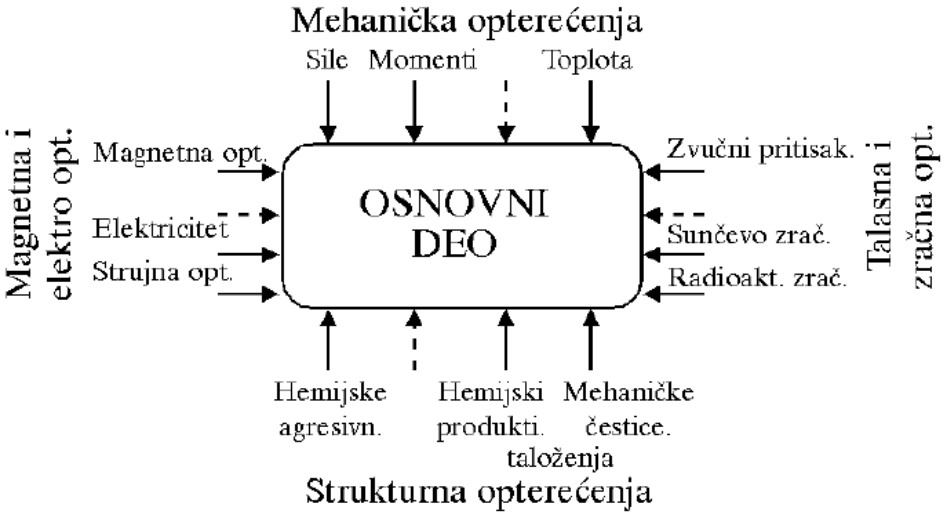
Proučavanje mašinskih elemenata ima za cilj da obezbedi pregled konstrukcionih oblika, tolerancija, materijala, standarda i drugih važnih podataka za svaki mašinski element. Pored toga od izuzetnog značaja je pri proučavanju mašinskih elemenata, određivanje opterećenja kjoima su izloženi, utvrđivanje stvarnog naponskog stanja u zavisnosti od kritičnog napona, određivawe stepena sigurnosti i radnog veka, kao i proračun kinematskih i geometrijskih veličina.

2. Opterećenje mašinskih elemenata

Pri ostvarivanju elementarnih radno-tehnoloških funkcija mašinski elementi prenosa određena radna opterećenja i trpe složena naprezanja i deformacije. Za određivanje karaktera radnog opterećenja neophodno je poznavanje intenziteta, pravca i smera svih sila i obrtnih momenata koje isti prenose, kao i režima rada. U opštem slučaju to su prostorni sistemi sila i spregova, koji su posledica otpora koje mašine savlađuju vršeći koristan rad.
Opterećenje mašinskih elemenata u toku vremena može biti: Statičko (stalne veličine) i dinamičko (promenljive veličine).Statičko opterećenje postepeno raste a po dostizanju određene vrednosti se ne menja. Dinamičko opterećenje može biti jednosmerno promenljivo i naizmenično promenljivo, koje se menja između proizvoljnih donjih i gornjih vrednosti

3. Osnovni radni naponi u delovima mašinskih elemenata

Osnovni delovi elemenata mašinskihsistema su u toku rada izloženi dejstvu niza fizičkih i hemijskih veličina, odnosno dejstvu sila i spregova, toplote, hemijskih jedinjenja, magnetnih i električnih veličina, zvučnog pritiska, dejstvu sunčevog, radioaktivnog i drugog zračenja i dr.prikazano na slici 16.0.1.



Slika 16.0.1. Shema opterećenja osnovnih mašinskih sistema

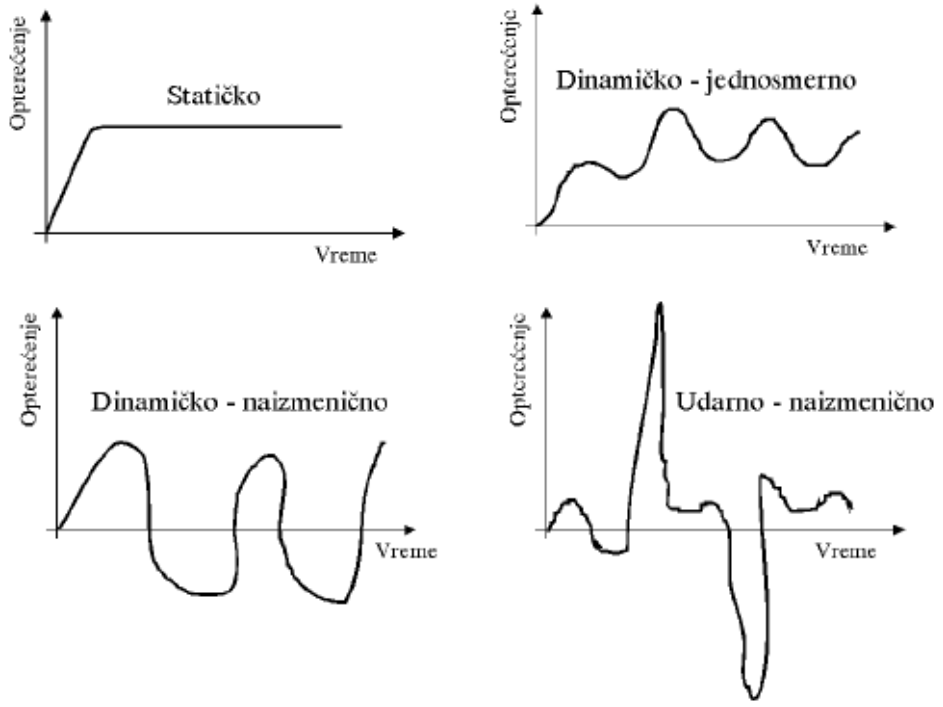
Sve ove veličine predstavljaju opterećenja osnovnih delova i izazivaju u toku rada određena stanja u njima - naponska, dinamička, toplotna, strukturna, radioaktivna, magnetna, elektronaponska i dr. Pokazatelji ili merila izazvanih stanja su naponi, deformacije i njihove učestanosti.

16.1. POJAM ELASTIČNOSTI I PLASTIČNOSTI

Svaki deo pod dejstvom spoljašnjih sila menja, u većoj ili manjoj meri, svoj oblik i dimenzije. Promena oblika i dimenzija pod dejstvom spoljnjeg opterećenja se zove DEFORMACIJA. Sposobnost dela da zauzme svoj prvobitni oblik nakon udaljenja spoljnih sila naziva se ELASTIČNOST. Elastični delovi trpe elastične deformacije koje nestaju čim prestanu uzroci (spoljne sile) koji su ih izazvali. Elastične osobine deo zadržava samo do izvesne granice opterećenja koje su specifične za svaku vrstu materijala. Čim se ova granica prekorači, telo se ne vraća u svoj prvobitni oblik već dobija trajne - plastične deformacije, koje mogu da dovedu do loma dela i, prema tome, nisu dozvoljene.

16.2. VRSTE OPTEREĆENJA

Opterećenje u zavisnosti od vremena može biti, slika 16.2.1.:



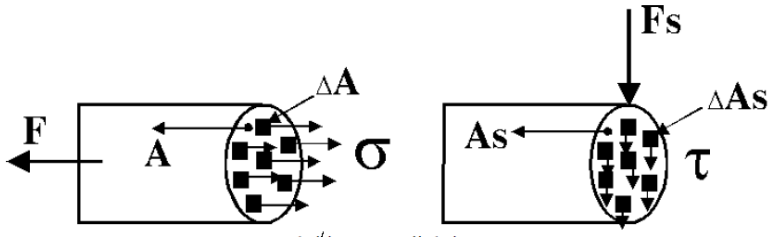
Slika16.2.1. Dijagram opterećenja

Vrsta opterećenja

- mirno - statičko
- dinamičko
- jednosmerno promenljivo
- naizmenično promenljivo
- udarno
- jednosmerno
- naizmenično

Mera intenziteta unutrašnjih sila, svedena na jedinicu površine, naziva se NAPON. Pri svakom dejstvu opterećenja u unutrašnjosti materijala (sl.16.2.2.) se javlja napon koji se, kao vektorska veličina, može razložiti na:

- normalni - pravac normale na površinu
- tangencijalni - pravac u ravni preseka

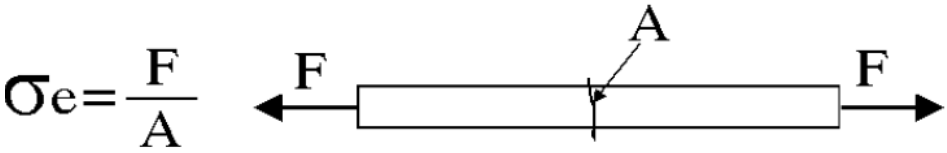


Slika 16.2.2. Normalni i tangencijalni napon

16.3. VRSTE NAPREZANJA

1. Zatezanje i pritisak

Zatezanje i pritisak na deo deluju sile koje leže u osi štapa. Ove sile se nazivaju aksijalne sile. pri zatezanju aksijalne sile deluju u polje, a pri pritisku jedna prema drugoj, slika 16.3.1. Kod ovog

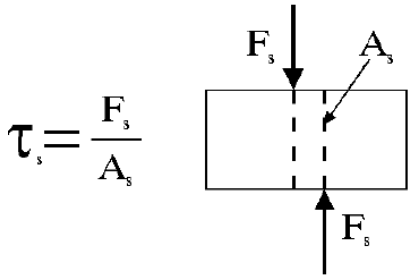


Slika16.3.1. Normalni napon

naprezanja se javlja normalni napon.

2. Smicanje

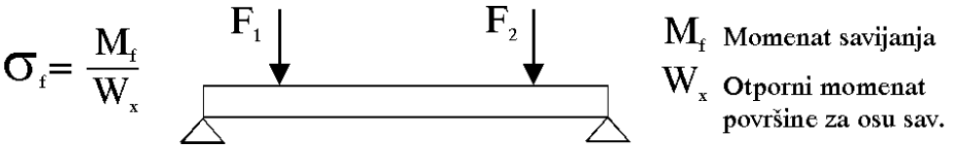
Smicanje sile su iste veličine, suprotnog smera i sa pravcima koji leže u dve beskonačno bliske paralelne ravni, slika 16.3.2.. Kod ovog naprezanja se javlja tangencijalni napon.



Slika16.3.2. Smicanje

3. Savijanje

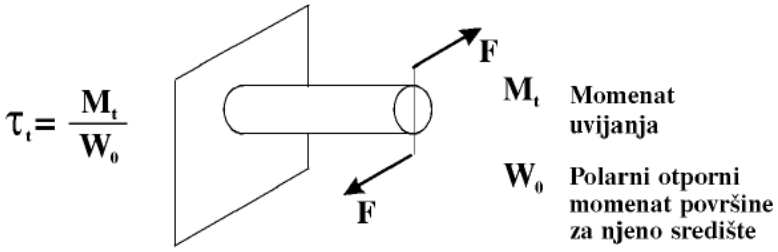
Savijanje sile i spregovi deluju u ravni koja prolazi kroz osu štapa. Kod ovog naprezanja se javlja normalni napon, slika 16.3.3.



Slika 16.3.3.Savijanje

4. Uvijanje

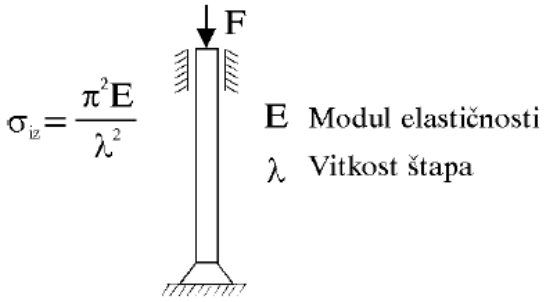
Uvijanje opterećenje predstavljaju spregovi (dva ili više) koji leže u ravnima na osu štapa, slika 16.3.4. Ovi spregovi se nazivaju obrtnim, a njihovi momenti obrtnim momentima. Kod ovoga naprezanja se javlja tangencijalni napon.



Slika 16.3.4. Uvijanje

5. Izvijanje

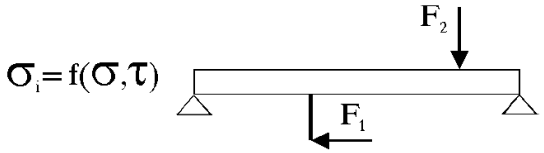
Izvijanje poseban slučaj kada deo (oblika štapa) pod dejstvom određenih vrednosti aksijalnih sila gubi svoj pravolinijski oblik i prelazi u krivolinijski, slika 16.3.5. U ovom slučaju se javlja kritični napon na izvijanje.



Slika 16.3.5.Izvijanje

6. Složeno naprezanje

Složeno naprezanje pod dejstvom različitih opterećenja javljaju se i različiti naponi koji se redukuju na ekvivalentni napon, slika 16.3.6.



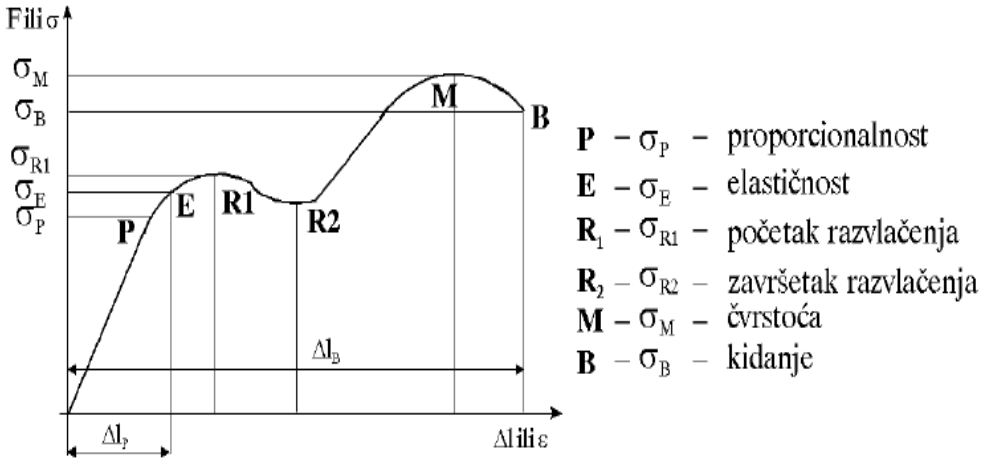
Slika 16.3.6. Složeno naprezanje

16.4. HUKOV ZAKON

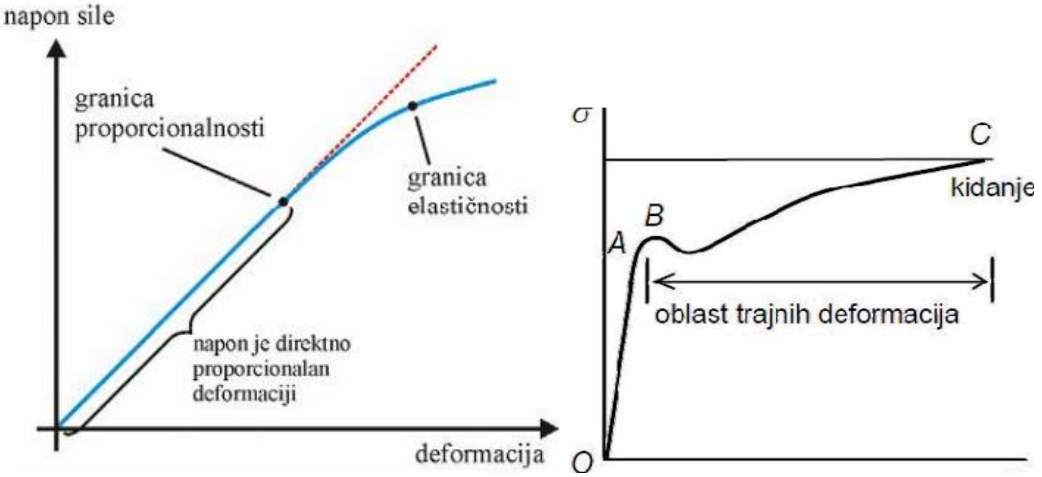
Hukov zakon kaže da je deformacija tijela proporcionalna primijenjenoj sili pod uslovom da se ne prijeđe granica elastičnosti tijela. Kada se sila ukloni tijelo će se vratiti u svoj prvobitni oblik. Zakon je otkrio engleski **fizičar Robert Huk 1676.**

Elastična sila je sila u tijelima koja vraća tijelo iz deformisanog u početno stanje.Deformacija tijela je promjena oblika i dimenzija tijela pod djelovanjem vanjskih sila.Može biti elstična i plastična. Slika 16.4.1. prikazan je Hukov dijagram pri zatezanju čelične epruvete.

Hukov zakon vrijedi samo u određenom području nekog materijala, koje se naziva elastično područje. Za čelik je elastično područje sve do granice razvlačenja ili gdje ta granica nije jasno određena, do granice plastičnosti koja je određena onim naprezanjem pri kojem nastaje trajno produljenje od 0,2% prvobitne dužine šipke ili štapa. Ovo naprezanje nosi oznaku $\sigma_{0,2}$.



Slika 16.4.1. Hukov dijagram



Slika 16.4.1. Hukov dijagram

Hukov zakon daje vezu između spoljnih sila i deformacija (Δl), odnosno dilatacije (ε). Ako se štap optereti na istezanje od F=0 do F=FB, on će se deformisati na istezanje od Δl = 0 do Δl = ΔlB. U grafičkom prikazu zavisnosti F= f(Δl), odnosno σ =f(ε), dobija se pet karakterističnih tačaka sa odgovarajućim vrednostima napona.
Sa dijagrama se vidi da do tačke P postoji linearna zavisnost napona σ i dilatacije ε u obliku prave linije (y=ax), koja se analitički može izraziti u obliku: **σ =Eε**

Izraz predstavlja Hukov zakon koji glasi: **Normalni napon je linearno proporcionalan dilataciji u granicama elastičnosti materijala**.
Veličina E - modul elastičnosti je konstanta za određeni materijal, a za:

$$\varepsilon = \Delta l/l$$

dobija se

$$\sigma = E$$

što znači da je E onaj koji se javlja u materijalu kada se on izduži onoliko koliko iznosi njegova prvobitna dužina:

$$\Delta l = l$$

16.5. RADNA SPOSOBNOST MAŠINSKIH ELEMENATA

Pod radnom sposobnošću mašinskih elemenata podrazumeva se ono stanje pri kome su sposobni da izvrše sve predviđene funkcije sa vrednostima radnih parametara propisanih konstruktivnom dokumentacijom. Pod ČVRSTOĆOM mašinskih elemenata se podrazumeva svojstvo elemenata

da se suprostave delovanju spoljašnjih sila, pri čemu se isključuje mogućnost pojave opasnih deformacija, lomova i sl.
Pri proračunu čvrstoće mašinskih elemenata moraju biti zadovoljeni sledeći uslovi:

$$\sigma <= [\sigma]$$
$$\tau <= [\tau]$$

pri čemu su:

σ i τ - nominalni naponi u posmatranom preseku. Ovi naponi se izračunavaju pomoću teorije otpornosti materijala i elastičnosti. Njihova vrednost zavisi od radnog opterećenja i dimenzija elementa.

$[\sigma]$ i $[\tau]$ - dozvoljeni naponi, tj. naponi pri kojima ne dolazi do razaranja mašinskih elemenata. Dozvoljeni napon predstavlja odnos graničnog napona materijala (utvrđenog od strane proizvođača) i dozvoljenog stepena sigurnosti [s], kojeg procenjuje konstruktor, na osnovu funkcije i namene konstrukcije:

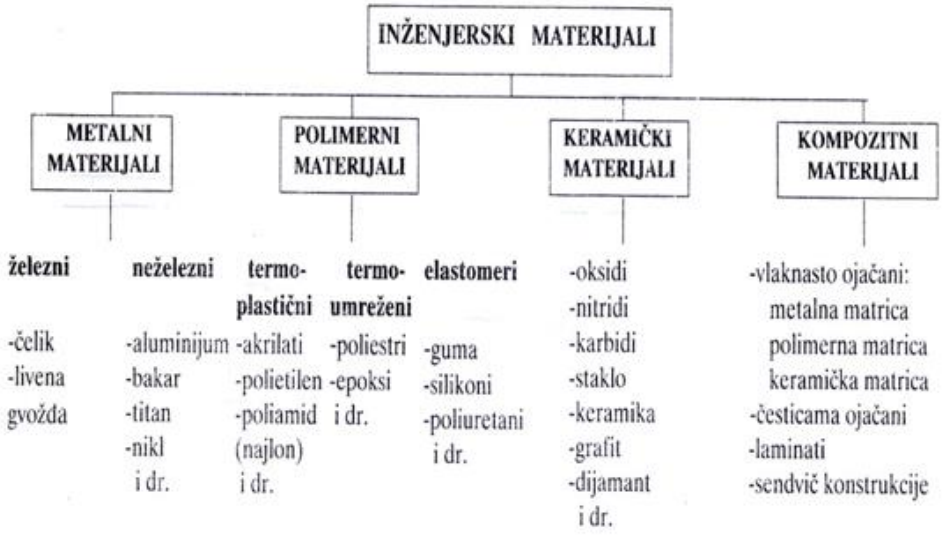
$$[\sigma] = \frac{\sigma_k}{[s]}$$

$$[\tau] = \frac{\tau_k}{[s]}$$

$[\sigma_k]$ i $[\tau_k]$ - kritični (granični) naponi - naponi pri kojima nastaje razaranje ili se pojavljuje nedopustiva deformacija mašinskog elementa.

16.6. MAŠINSKI MATERIJALI

Pod mašinskim materijalima se podrazumevaju svi oni materijali koji se koriste u mašinstvu za izradu mašinskih elemenata. U prvom redu su to metali, njihove legure, a zatim plastične mase, guma, a ređe drvo, tekstil i keramika.N alici 16.6.1. data je šema podele mašinskih materijala kj se primjenjuje u mašinstvu, a na lici 16.6.2. prikazana je šema podele metalnih materijala.



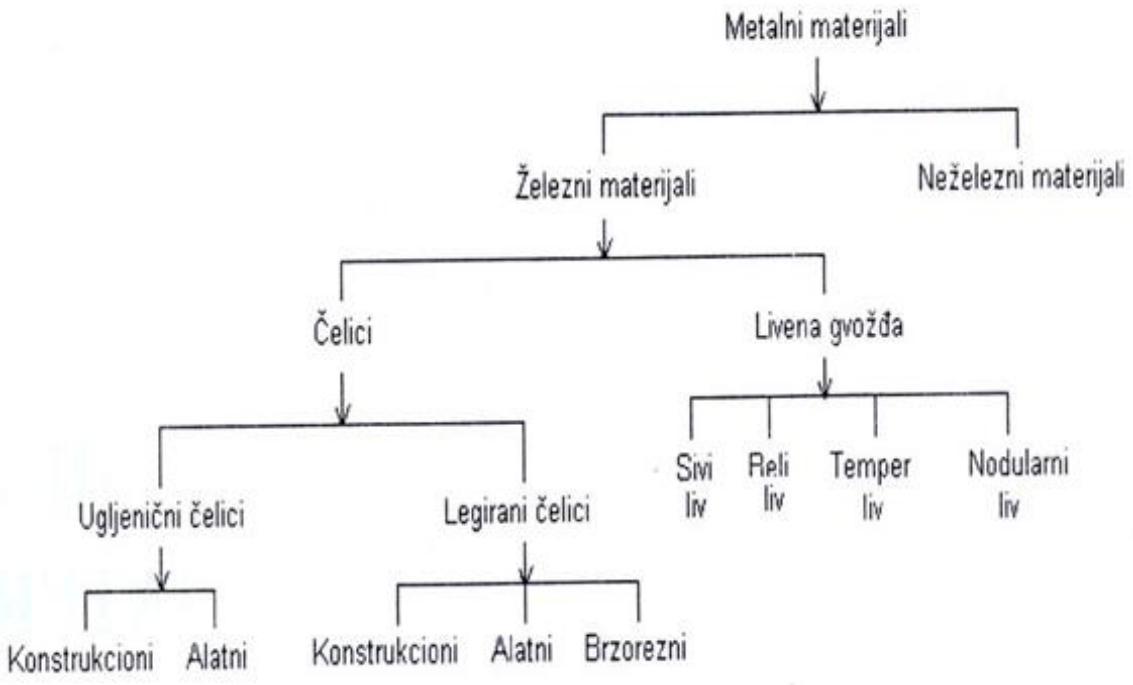
Slika 16.6.1. Podela mašinskih materijala

Metali i legure se obično dele u dve grupe: železni metali i legure, koji sadrže veliki procenat železa, kao čelik i livena gvožđa; i neželezni (obojeni) metali i legure, koji ne sadrže železo ili ga imaju u malom procentu, kao aluminijum, bakar, titan, nikl i dr.

Polimerni materijali. Većina polimernih materijala sastoji se od organskih jedinjenja koja sadrže ugljenik, vodonik i druge nemetalne elemente. Struktura polimernih materijala je nekristalna, mada neki od njih mogu da imaju kombinovanu – nekristalnu i kristalnu strukturu.

Keramički materijali. Keramički materijali su neorganska jedinjenja metala i nemetala. Struktura keramičkih materijala može da bude kristalna, i kombinovana kristalno-nekristalna.

Kompozitni materijali. Kompozitni materijali su kombinacija dva ili više materijala u makroskopskoj razmeri. Većina kompozitnih materijala sastoji se od vlakana i matrice kao veziva. Kompozitni materijali su tako građeni da koriste najbolja svojstva svake pojedine komponente, dobijajući tako tražena svojstva.



Slika 16.6.2.Metalni materijali

16.7. ČELIK

1. Istorija čelika

Čelik je bio poznat već u antičko doba. Najstariji otkriveni čelični predmet pronađen je u Anatoliji, starost mu je procijenjena na 4.000 godina. Istorija metalurgije željeza započinje još u praistorijsko doba, ali se ne zna je li prvo željezo proizvedeno slučajno, kad je praistorijski čovek naložio vatru na ležištu čiste željezne rude ili je koristeći se već stečenim iskustvom u topljenju bakarne rude primenio isti postupak na željeznu rudu. Taj postupak je bio prilično jednostavan: u plitkom ognjištu se željezna ruda pokrila drvenim ugljenom, koji se zatim zapalio, pa je ispod vatre nastala gnjecava i spužvasta željezna masa (spužvasto željezo). Da bi se iz spužvastog željeza dobilo tehničko željezo ili čelik ovisilo je prije svega od kvalitete željezne rude.

Plitko ognjište je bilo vrlo jednostavne konstrukcije. Sastojalo se od gnijezda oslonjenog na jedan zid, kroz koji je prolazila mlaznica mijeha za raspirivanje vatre. Gnijezdo se je ispunilo izmjenično slojevima željezne rude i drvenog uglja, koji su se zatim zapalili. Duvanjem zraka kroz mijeh

povisila bi se temperatura, tako da bi iz drvenog uglja nastajao ugljen monoksid, koji je vezao kiseonik iz željeznih oksida (uglavnom hematit), te se dobivalo spužvasto željezo i ugljikov dioksid. Pri tome je dobar dio željeza i dalje ostao vezan s kiseonikom (željezni oksidi), te zajedno s nečistoćama kao tekuća troska oticao iz ognjišta. Spužvasto željezo se skupljalo na dnu ognjišta sve dok ga ne bi potpuno ispunilo, pa bi se izvadilo i kovanjem bi se istiskivali ostaci troske i nečistoća (kovano željezo). Omjer između težine željezne rude i drvenog uglja je bio otprilike 1 : 4. Ovim postupkom se dobivalo tek oko 12,5% željeza iz željezne rude, a težina spužvastog željeza je iznosila do 70 kilograma. Ovakva plitka ognjišta su se održala u Štajerskoj i Šleziji sve do 18. stoljeća.

2. Postupak proizvodnje čelika 20 veka

Masovna proizvodnja čelika je započela u 19. stoljeću otkrićem Bessemerovog i Thomasovog postupka. Čelik se danas proizvodi postupkom u konverterima s kiseonikom (LD postupak) ili u električnim pećima (elektrolučna peć, elektroindukcijska peć). U industrijski manje razvijenim državama još se koriste Siemens-Martinove peći. Osnovna sirovina za proizvodnju čelika u konverterima s kiseonikom je sirovo željezo. U električnim pećima pretaljuje se uglavnom stari otpadni čelik. Konvertor s kiseonikom i električna peć su uređaji za taljenje, a rafinacija taline (rafinacijski procesi) obavlja se u raznim reaktorima sekundarne metalurgije ili metalurgije u loncima, već prema svojstvu i kakvoći čelika. Na slikam 16.7.1 i 16.7.2. prikazai su dijagrmi stanja i hlađenja željeza.

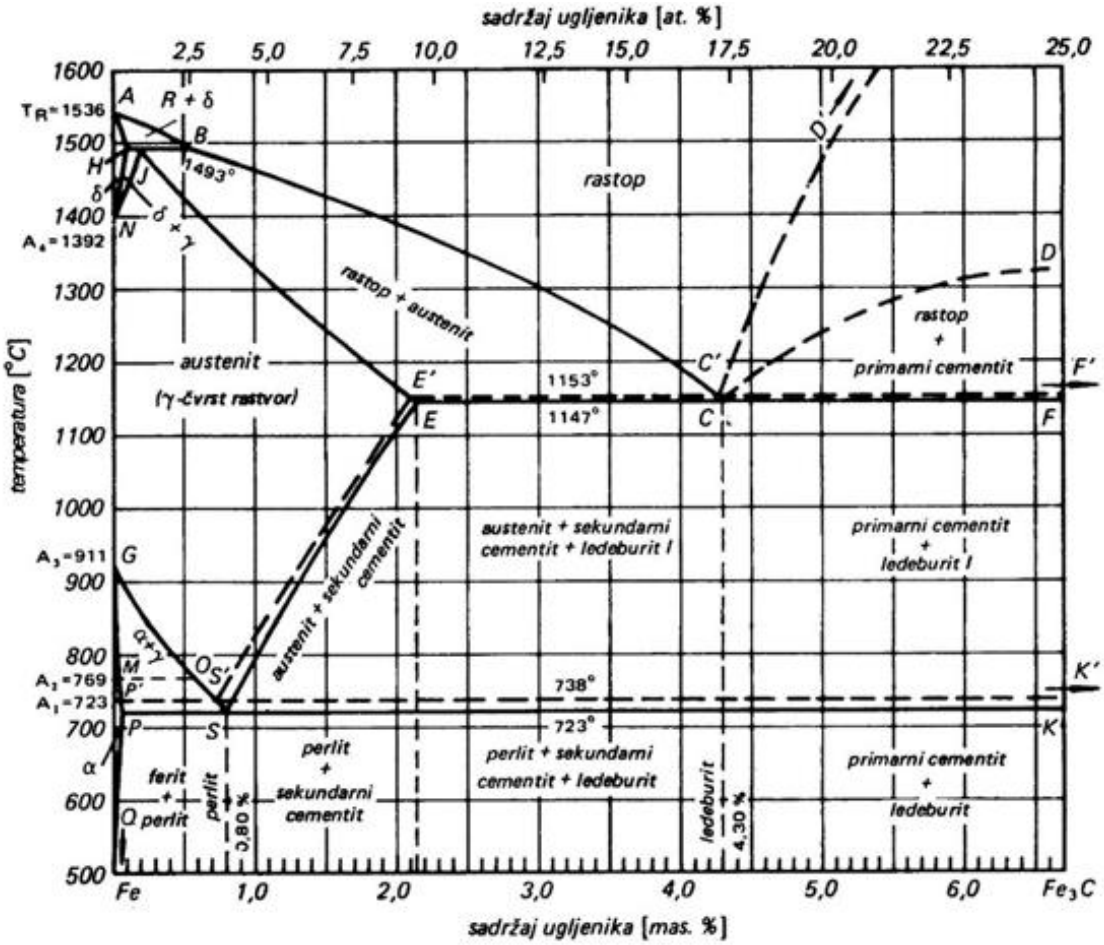
Svjetska proizvodnja čelika iznosila je 2011. oko 1490 miliona tona. Kina je prema podacima iz 2011. najveći svjetski proizvođač čelika (683,3 miliona tona) s oko 45,9% ukupne svj. proizvodnje.

16.8. ŠTA JE ČELIK

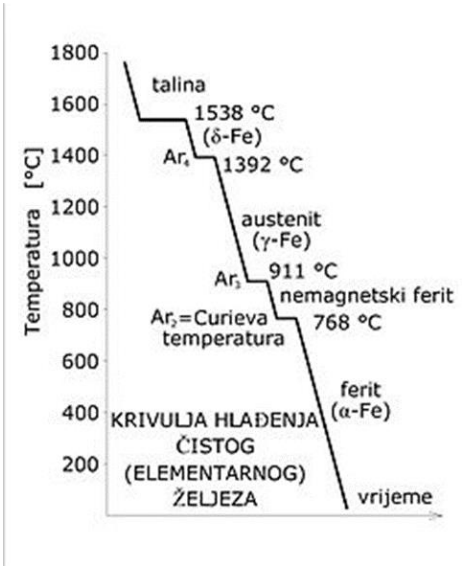
Čelik je legura gvožđa i ugljenika. Ugljenika može u čeliku da bude do 1,7%, mada se obično kreće u granicama od 0,05-1,5%. Čelik uvek sadrži i izvesnu količinu fosfora (P) i sumpora (S) koji se uvek smatraju nečistoćom.

Ostali elementi (silicijum - Si, magnezijum - Mg, hrom - Cr, nikal - Ni, volfram - W, molibden - Mo, vanadijum - V, kobalt - Co, bakar - Cu, aluminijum - Al i dr.) se namerno dodaju ili ostavljaju u čeliku (u određenom procentu) da bi se postigla određena struktura ili mehaničke karakteristike.

Čelici poseduju takva mehanička svojstva koja odgovaraju većini mašinskih elemenata: visoka elastičnost, visoka granica proporcionalnosti i velika čvrstoća i tvrdoća. Čelik je pogodan i za termiču obradu kojom se menja struktura čelika, a samim tim i njegova mehanička svojstva.



Slika 16.7.1. Dijagrom stanja željezo-ugljenik



Slika 16.7.2. Dijagram hlađenja čistog čelika



Istakanje čelika

16.9. PODELA ČELIKA

Čelici mogu da se podijele prema:

1. hemijskom sastavu,
2. namjeni,
3. strukturi,
4. načinu dobijanja,

5. kvalitetu,
6. obliku i stanju poluproizvoda.

Čelici se obično dele na:

- ugljenične čelike - kod kojih ugljenik ima odlučujući uticaj na njegove osobibe, i
- legirane čelike - kod kojih presudan uticaj imaju legirajući elementi. Legirani čelici mogu biti niskolegirani (sa manje od 5% legirajućih komponenti) i visokolegirani (sa više od 5% legirajućih komponenti).

Prema bazi upotrebe čelici se dele na:

- konstruktivne čelike - koji se koriste za izradu mašinskih elemenata i delova čeličnih konstrukcija;
- alatne čelike - koji se koriste za izradu alata za obradu materijala rezanjem ili deformisanjem u hladnom i toplom stanju.

Prema svom sastavu čelici se dele na:

- čelike sa negarantovanim sastavom - ugljenični čelici trgovačkog kvaliteta bez propisanih mahaničkih osobina, ugljenični čelici sa propisanim mehaničkim osobinama i propisanom čistoćom u pogledu sumpora i fosfora ili sa propisanim maksimalnim sadržajem nekih od elemenata.
- čelici sa garantovanim sastavom - ugljenični čelici sa propisanim sastavom i legirani čelici.

Prema mikrostrukturi čelici se mogu podijeliti na:

- Feritni čelik,
- Perlitni čelik,
- Martenzitni čelik,
- Ledeburitni čelik i
- Austenitni.

Prema načinu prerade čelici se mogu podeliti na:

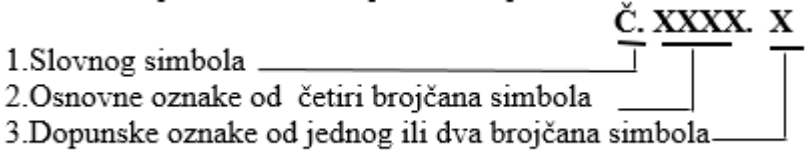
- Sirove čelike,
- Lijevane čelike,
- Valjane čelike,
- Kovne čelike,
- Vučene čelike, itd.

Čelici su standardizovani prema načinu termičke obrade i nameni:

- čelici za cementaciju (sa manje od 0,2% ugljenika) koji se upotrebljavaju za izradu delova kod kojih se zahteva žilavo jezgro i čvrst površinski sloj. Naime, cementacija je poseban postupak termičke obrade pri kojem se obrađivani predmet drži određeno vreme na povišenoj temperaturi u sredini bogatoj ugljenikom, koji difunduje u njegovu površinu, čime deo postaje pogodan za kaljenje (zagrevanje iznad određene temperature i naglo hlađenje u vodi ili ulju) čime postaje tvrd, a jezgro zbog nemogućnosti kaljenja ostaje žilavo.
- čelici za poboljšanje koji se koriste za izradu delova od kojih se zahteva poboljšana zatezna čvrstoća ili tvrdoća bez žilavosti. Poboljšanje je postupak temičke obrade koji se sastoji od kaljenja i otpuštanja pri čemu se pod otpuštanjem podrazumeva ponovno zagrevanje okaljenog čelika do određene temperature, i zatim hlađenje određenom brzinom da bi se umirili unutrašnji naponi u materijalu.

Pri upotrebi čelika prednost treba dati čelicima sa negarantovanim sastavom, obzirom da su oni jeftiniji. Čelici se koriste u vidu polufabrikata (šipki, traka i cevi) ili u vidu hladnovučenih polufabrikata (obično šipki). Označavanje čelika se vrši slovom "Č" i četvorocifrenim bojem gde svaka brojka ima određeno značenje definisano standardom:
Č 0545; Č 4320 ...

Označavanje čelika se satoji od tri dijela i to:



1. Slovni simbol označava materijal čelik ili liv (Č ili ČL)
2. Osnovna oznaka: sastoji se od 4 brojčana simbola i označava vrstu čelika;

16.10. OZNAČAVANJE UGLJENIČNIH ČELIKA SA NEGARANTOVANIM HEMIJSKIM SASTVOM

- na prvom mjestu oznake broj **0**
- na drugom mestu osnovne oznake brojčani simbol koji označava nazivnu, odnosno minimalnu vrijednost zatezne čvrstoće koja je utvrđena za čelike u toplo oblikovanom ili normalizovanom stanju, pregled u tabeli 16.10.1.
- na trećem i četvrtom i petom mjestu osnovne oznake brojčani simbol označava pripadnost čelika određenoj podgrupi, pregled u tabeli 16.10.2.

Tabela 16.10.1. Brojčani simbol na drugom mestu osnovne oznake za ugljenične čelike

Tabela 3. Značenje simbola na 2. mestu osnovne oznake čelika sa utvrđenim svojstvima

R_m, MPa	-	< 320	320-360	360-380	380-480	480-580	580-680	680-780	780-880	> 880
simbol	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tabela 16.10.2. Pregled brojčanog simbola vrijednosti osnovne oznake na trećem i četvrtom i petom mjestu

Tabela 4. Značenje simbola na 3., 4. i 5. mestu osnovne oznake čelika sa utvrđenim svojstvima

Simbol*	Podgrupa čelika
00 do 44	Ugljenični čelici bez utvrđenog sadržaja S i P
101 do 449	Slobodno
45 do 79 451 do 799	Čelici sa ograničenim sadržajem S i P. Za čelike iz ove podgrupe delimično se ograničava sadržaj C, Si i Mn
80 do 99 801 do 999	Čelici sa ograničenim sadržajem S i P, delimično utvrđenim sadržajem C, Si i Mn, i sa legirajućim elementima koji se dodaju radi postizanja specijalnih mehaničkih svojstava.

* Na petom mestu se ne koristi broj 0.

16.11. OZNAČAVNJE UGLJENIČNIH ČELIKA SA GARANTOVANIM HEM. SASTVOM

- na prvom mestu osnovne oznake je broj 1
- na drugom mestu osnovne oznake dolazi desetostruka vrijednost maksimalnog procenta sadržaja ugljenika zaokruženog na desetine;
- na trećem i četvrtom, odnosno trećem, četvrtom i petom mjestu osnovne oznake brojčani simbol označava pripadnost čelika određenoj podgrupi (značenje simbola dato je u tabeli 16.11.1.).
-

Tabela:16.11.1.

Tabela 4. Značenje simbola na 3., 4. i 5. mestu osnovne oznake čelika sa utvrđenim svojstvima

Simbol*	Podgrupa čelika
00 do 44	Ugljenični čelici bez utvrđenog sadržaja S i P
101 do 449	Slobodno
45 do 79 451 do 799	Čelici sa ograničenim sadržajem S i P. Za čelike iz ove podgrupe delimično se ograničava sadržaj C, Si i Mn
80 do 99 801 do 999	Čelici sa ograničenim sadržajem S i P, delimično utvrđenim sadržajem C, Si i Mn, i sa legirajućim elementima koji se dodaju radi postizanja specijalnih mehaničkih svojstava.

* Na petom mestu se ne koristi broj 0.

16.12. OZNAČAVNJE LEGIRANIH ČELIKA

Kod legiranih čelika za najuticajniji element smatra se onaj koji ima brojčano najveći proizvod, dobijen množenjem srednjeg procentualnog sadržaja u čeliku tog elementa i faktora uticaja (tabela 16.12.2.). Ako kod višestruko legiranih čelika više legirajućih elemenata imaju isti proizvod, za najuticajniji element uzima se onaj koji ima veći broj prema tabeli 16.12.1.

Na prvom mjestu je brojčani simbol najuticajnijeg legirajućeg elementa (značenje simbola dato je u tabeli 16.12.1 i 16.12.2.)

Tabela 16.12.1. Brojčani simbol najuticajnije legirajuće elemente

Simbol	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Legirajući element	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	ostali

Tabela 16.2.2. Faktor uticajnosti legirajućeg elementa

Legirajući element	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	Co	Ti	Cu	Al	Ostali
Faktor uticajnosti	1	1	4	4	7	14	17	20	30	1	1	30

- na drugom mjestu osnovne oznake dolazi brojčani simbol elementa drugog po uticaju. Kod jednostruko legiranih čelika simbol na drugom mestu uvek je 1;
- na trećem, četvrtom i petom mjestu osnovne oznake dolaze brojčani simboli koji označavaju podgrupu čelika po namjeni (značenje simbola dato je u tabeli 16.12.3).

Tabela 16.12.3.Brojčani simbol na 3, 4. i 5 mestu osnovne oznake koji označavaju podgrupu čelika po nameni

Simbol *	Podgrupa čelika po nameni
00 do 19 101 do 199	Ugljenični čelici sa utvrđenim sastavom i legirani čelici koji nisu namenjeni termičkoj obradi
20 do 29 201 do 299	Ugljenični i legirani čelici za cementaciju
30 do 39 301 do 399	Ugljenični i legirani čelici za poboljšanje
40 do 59 401 do 599	Ugljenični i legirani čelici za alate
60 do 69	Čelici sa naročitim fizičkim svojstvima
601 do 699	Slobodno za čelike koji ne pripadaju ostalim podgrupama
70 do 79 701 do 799	Hemijski postojani i vatrootporni čelici
80 do 89	Brzorezni čelici
801 do 899	Slobodno **
90 do 99	Čelici za automate
901 do 999	Slobodno za čelike koji ne pripadaju ostalim podgrupama

* Na petom mestu se ne koristi nula

** Rezervisano za nove podgrupe ili za podgrupe koje su popunjene

16.13. DOPUNSKE OZNAKE

Tabela-16.13.1. Dopunske oznake za stanje osnovnih proizvoda od čelika.

Oznaka	Stanje čelika
0	Bez određene termičke obrade
1	Žareno
2	Žareno na najbolju obradljivost
2A	Termički obrađeno na zadatu vrednost zatezne čvrstoće
2B	Termički obrađeno na feritno-perlitnu strukturu
2C	Pogodno za sečenje u hladnom stanju
2D	Žareno na globularni cementit
3	Normalizovano
4	Poboljšano
5	Vučeno - hladno deformisano
6	Ljušteno
7	Brušeno
8	Kontrolisano hlađeno
8A	Gašeno
8B	Termomehanički obrađeno
9	Obrađeno po posebnim uputstvima
K	Za vruće kovanje i presovanje
H	Za hladno oblikovanje valjcima (profilisanje)
S	Za hladno presovanje
V	Za vučenje
Z	Za izradu zavarenih cevi

16.14. LIVENO GVOŽĐE

Liveno gvožđe je legura gvožđa sa više od 1,7% ugljenika (obično 2 do 4%) pored još nekih primesa ili legirajućih elemenata (Mn, Si, Cr, Ni, S, P i td.). Lako se topi i dobro popunjava kalupe pa predstavlja jedan od osnovnih materijala za izradu mašinskih elemenata. Liveno gvožđe je krto i u toplom i u hladnom stanju tako da nije pogodno za obradu deformisanjem.

16.15.BAKAR

Bakar i njegove legure imaju veliku otpornost na koroziju, odlične osobine klizanja, malo habanje i odličnu toplotnu i elektro provodljivost. Dobro se lije, kuje, izvlači i reže. Čist bakar se najčešće koristi u elektrotehnici za izradu provodnika, dok se u mašinstvu koristi, najčešće, za izradu izmenjivača toplote i raznih laegura (bronza, mesing, crveni liv i td,).

16.16.ALUMINIJUM

Aluminijum i njegove legure poseduju otpornost na koroziju, malu specifičnu težinu i veliku čvrstoću. Pojedine aluminijumove legure u pogledu čvrstoće i tvrdoće skoro dostižu osobine čelika. Mogu se termički obrađivati i zavarivati, imaju dobru toplotnu i elektro provodljivost, lako se liju, a dobro se obrađuju deformacijom i rezanjem.

16.17.CINK

Cink - relativo jeftin materijal, ali zbog svoje male čvrstoće nije pogodan za napregnute mašinske delove. Zbog otpornosti na koroziju uglavnom se koristi za zaštitu čelika, najčešće limova, u vidu prevlaka koje se nanose u toplom stanju ili putem galvanizacije. Ima veliku primenu kao legirajući elemenat.

16.18.DRVO

Drvo se u mašinstvu malo koristi i to, uglavnom, zbog svoje male čvrstoće, mada ima niz pozitivnih karakteristika, na pr. nisku cenu, dobru obradivost, malu težinu i dobru sposobnost toplotne izolacije. Uglavnom se koristi za izradu modela za livenje, raznih ručica, sanduka i sl.

16.19.GUMA

Guma poseduje veliku elastičnost, tako da je pogodna za amortizaciju udara, oscilacija, šumova i dr. Ima veliku primenu u mašinstvu za izradu pneumatika, raznih amortizera, vibroizolatora, transportnih traka i sl.

16.20.PLASTIČNE MASE

Plastične mase imaju veliku primenu, uglavnom, zbog niske cene, male težine, velike čvrstoće, otpornosti na koroziju, mogućnostu izrade složenijih oblika livenjem ili brizganjem (bez ikakvih naknadnih obrada), dobre toplotne i elektro provodljivosti. mogućnosti lakog bojenja, lepog izgleda i dr.

Postoje dve vrste plastičnih masa:

- termoplastične - koje se mogu ponovo pretapati i koristiti za izradu drugih delova, i
- termostabilne - duromeri - koje se ne mogu ponovo pretapati.

16.21.IZBOR MATERIJALA

Izbor materijala predstavlja vrlo složen, važan i odgovoran zadatak. On, u opštem slučaju, zavisi od:

- eksploatacionih uslova (materijal treba da je prilagođen uslovima rada dela)

- tehnoloških uslova (materijal treba da je usklađen sa načinom izrade dela)
- ekonomskih uslova (cena materijala treba da je što niža, pri čemu treba imati u vidu i troškove obrade, mogućnost nabavke, troškove transporta i sl.)

Neko opšte uputstvo za izbor materijala ne postoji, a u nedostatku sopstvenog iskustva treba se osloniti na već izvedene i proverene konstrukcije.

17.0. CILJ I ZNAČAJ IZUČAVANJA MAŠINSKIH ELEMENATA

Mašinski elementi su opšte stručna disciplina čiji je cilj izučavanje osnovnih komponenata mašina koje ulaze u sastav većine ili svih mašinskih sistema odnosno konstrukcija. Poznavanje mašinskih elemenata treba da omogući konstruisanje, izbor i komponovanje ovih elemenata u složene strukture mašina različitih namena. Inženjer prerade drveta treba da se upozna sa kinematikom i osnovnim elementima proračuna mašinskih elemenata, kako bi sagledao princip rada i izvršio pravilan izbor mašinskih sistema koji se koriste u preradi drveta. Kako rešenja često nisu jednoznačna, nekada izbor optimalnog rešenja predstavlja pravo umeće. Za ovaj izbor značajno je učešće inženjerskog razmišljanja i odlučivanja, koje se stiče tokom studija i koje bi u ovoj fazi obrazovanja trebalo da počne da se izgradjuje.

Komponente mašinskih sistema izučavaju se sa gledišta njihove funkcije, namene odnosno oblasti primene. Proračun koji se zasniva na analizi radnih i kritičnih stanja (napona), stepena sigurnosti i krutosti, izvodi se sa ciljem da se sagledaju postupci za izbor standardnih delova (komponenata) i za konstruisanje nestandardnih.

Sama mašina se sastoji iz većeg broja funkcionalno povezanih delova. Onaj deo koji se ne može više rastavljati naziva se osnovni mašinski deo ili mašinski deo. Više tako funkcionalno povezanih delova čine mašinski sklop. Više mašinskih sklopova i delova funkcionalno povezanih čine mašinsku grupu. Više mašinskih grupa, sklopova i delova funkcionalno povezanih čine mašinu.

Mašinski element je mašinski deo, mašinski potsklop ili mašinski sklop koji izvršava elementarnu funkciju na mašini ili u konstrukciji.

Na slici 17.0.1. šematski je prikazana hijerarhija delova u mašini.

Mašinski elementi se dele na: opšte i posebne mašinske elemente. Opšti mašinski elementi se koriste na svim ili na većini mašina, dok se posebni ugradjuju samo u nekim mašinama (uredjajima). Tako na primer vijak

i navrtka (navojni spoj) spada u opšte mašinske elemente, dok klipni mehanizam se koristi samo kod klipnih mašina pa spada u posebne. Medjutim, treba imati u vidu da je broj elementarnih funkcija u mašinama znatno veći od broja mašinskih elemenata. Zato se u nedostatku odgovarajućih mašinskih elemenata razvijaju specifični izvršioci date elementarne funkcije. Taj novi izvršilac elementarne funkcije postaje novi mašinski element ako se ponavlja na drugim mašinama u toj užoj ili široj oblasti mašinstva.



Slika 17.0.1: Shematski prikaz hijerarhije delova u mašini

Opšti mašinski elementi se dele na:

1.) elemente za vezu:
   a. nerazdvojivi spojevi
      - zakovani spojevi
      - zavareni spojevi
      - zalemljeni spojevi
   b. razdvojivi spojevi
      - navojni spojevi
      - presovani spojevi
      - spojevi klinovima
      - elastični spojevi (opruge)

2.) elementi za prenos snage:
      - frikcioni prenosnici
      - kaišni prenosnici
      - zupčani parovi

- lančani prenosnici
- užetni prenosnici

3.) elementi za obrtno kretanje:

- osovine i vratila
- ležaji : klizni i kotrljajni
- spojnice

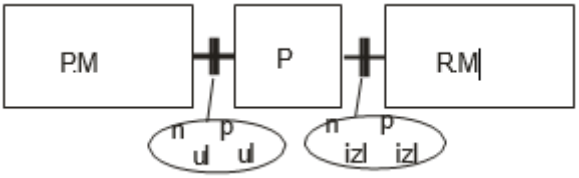
4.) elementi za prenos tečnosti i gasova:

- sudovi pod pritiskom
- cevne armature
- ventili
- razvodnici

Mašina, kao deo mašinskog sistema, sastoji se iz tri osnovne celine :

1. Pogonskog dela (elektro-motor, motor sa unutrašnjim sagorevanjem, turbina) koji pretvara izvornu energiju u mehaničku.
2. Prenosnika koga sačinjavaju elementi za prenos snage i obrtno kretanje, a zadatak mu je da prenese energiju za potrebe radnog dela mašine.
3. Radnog dela koji pretvara energiju u koristan rad (nosač alata alatne mašine, pritiskivačprese, rotor pumpe i dr.)

Na slici 17.0.2 prikazana je povezanost pogonskog i radnog dela preko prenosnika u okviru same mašine.



Slici 17.0.2. povezanost pogonskog i radnog dela preko prenosnika u okviru mašine.

Prenosnici prenose energiju od izvora do radne mašine i prilagodjavaju je njenim potrebama i o njima će biti posebno reči kasnije.

1. Mašinski elementi

Realnu materijalnu strukturu mašinskog sistema čine mašinski delovi. Osnovni mašinski deo se bez razaranja ne može se dalje rasklapati. Više

mašinskih delova, funkcionalno povezanih čine mašinski podsklop ili sklop. Mašinski podsklopovi ili sklopovi, funkcionalno povezani čine mašinsku podgrupu ili grupu. Na kraju, mašinske grupe, sklopovi, podsklopovi i delovi, funkcionalno povezani čine mašinu - proizvod.

Mšinski elementi može biti mašinski deo, sklop, podsklop ili mašinska grupa koja izvršava ELEMENTARNU funkciju u mašinskom sistemu. Na pr. vratilo je mašinski deo i izvršava funkciju mašinskog elementa. Kotrljajni ležaj je sklop koji vrši elementarnu funkciju i td. Može se reći da su mašinski elementi izvršioci elementarnih funkcija koji se koriste na posebnim mašinama. Dele se na opšte i posebne. Opšti mašinski elementi se ugrađuju i koriste na svim vrstama mašina bez ograničenja. Posebni mašinski elementi se koriste samo na ograničenom skupu mašina. Na pr. kolenasto vratilo se koristi samo kod klipnih mašina, koturače na dizalicama i td.

Mašinski elementi se mogu podeliti na:

- mehaničke,
- hidraulične,
- pneumatske,
- električne i td.

Mehanički, opšti mašinski elementi se mogu podeliti u sledeće grupe:

1. ELEMENTI ZA VEZU
2. ELEMENTI ZA PRENOS SNAGE
3. ELEMENTI ZA OBRTNO KRETANJE

2. Vrste mašinskih spojeva

Mašinski spojevi služe za spajanje više mašinskih delova, podsklopova i sklopova u jednu fnkcionalnu celinu. Pri tome se ostvaruje određeno međusobno kretanje pojedinih elemenata ili prenošenje opterećenja sa jednog elementa na drugi. Od mašinskih spojeva zahteva se potrebna čvrstoća, neophodna pokretljivost ili nepokretljivost, krutost ili elastičnost, razdvojivost ili nerazdvojivost i dr.

Mašinski spojevi mogu biti ostvareni:

1. fizičko – hemijskim spajanjem u jednu nerazdvojivu celinu (zavarivanje, lemljenje, lepljenje)
2. trenjem između dodirnih površina spojenih delova (presovani spojevi, stezni spojevi)

3. oblikom, gde spojeni delovi svojim oblikom prenose opterećenje i ostvaruju vezu (ožllebljeni i poligonalni spojevi)
4. kombinovani spojevi trenjem i oblikom (klin sa nagibom).

S obzirom na mogućnost razdvajanja spojenih delova, dele se na : razdvojive i nerazdvojive.

- **Razdvojivi spojevi** se mogu više puta razdvojiti bez rzaranja i oštećenja spojnih delova (navojni spojevi, stezni spojevi, žlebni spojevi , spojevi klinom, čivijama i dr.)
- **Nerazdvojivi spojevi** se mogu razdvojiti bez rezanja i oštećenja spojenih delova (zakovani, zavareni, zalemljeni i zalepljeni spojevi).

S obzirom na međusobne odnose spojenih delova razlikuju se kruti i elastični mašinski spojevi.

17.1. RAZDVOJIVI SPOJEVI

Razdvojivi spojevi su čvrsti spojevi koji se po potrebi mogu razdvojiti i ponovo spojiti bez oštećenja delova koji se spajaju.
Mašinski spojevi mogu biti ostvareni bez učešća posebnh elemenata kao neposredni i sa učešćem posebnih elemenata kao posredni mašinski spojevi. Za spajanje delova u razdvojivu vezu koriste se:

- navojni parovi,
- klinovi i
- čivije.

Pored njih, čvrste i razdvojive veze mogu se ostvariti i bez posredstva trećih elemenata kao kod žljebnih i steznih spojeva i spojeva oblikom.
Razdvojivi spojevi mogu biti:

- *nepokretni i*
- *pokretni.*

Kod nepokretnih spojeva u radu nije moguće pomeranje njihovih delova, dok pokretni to omogućuju. Navojni parovi, žljebni delovi ili klinovi mogu obezbediti pokretnu kao i nepokretnu vezu, dok čivije i stezni spojevi služe samo za čvrste nepokretne veze.

Opruge služe za elastičnu vezu mašinskih delova, jer na određen način obezbeđuju pokretljivu vezu spojenih delova bez obzira na način formiranja spoja. Razdvojivi spojevi imaju široku primenu.

Navojni spojevi se na primer susreću skoro kod svake mašine ili mašinske konstrukcije. Oni uspešno zamenjuju zakivke ili zavarene spojeve a omogućuju brzo i lako razdvajanje (demontažu) i ponovno spajanje (montažu) elemenata, bez oštećenja.

Klinovi, čivije i žljebni spojevi uglavnom služe za spajanje vratila i elemenata za prenos obrtnog kretanja.

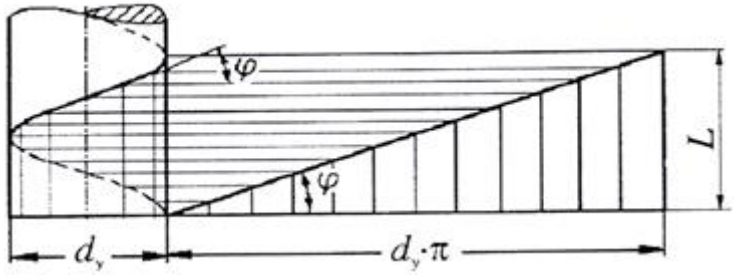
17.2. ELEMENTI ZA VEZU

1. Zavrtnji

Zavrtnji služe za razdvojivo spajanje mašinskih delova. Vitalni deo zavrtnja je zavojnica. Navojni spojevi su najčešće korišćeni mašinski spojevi. Mogu biti pokretni i nepokretni. Pokretni služe za pretvaranje obrtnog kretanja u translatorno i obrnuto, odnosno za pretvaranje obrtnih momenata u silu i obrnuto. Nazivaju se još navojni prenosnici. Nepokretni služe za čvrsto spajanje mašinskih delova i prenošenje opterećenja i nazivaju se zavrtanjske veze.

U zavisnosti od pravca delovanja ili prenošenja sila postoji: uzdužno opterećenje zavrtanjske veze, kod kojih sile deluju u pravcu ose i poprečno opterećenje zavrtanjske veze, kod kojih sile deluju upravno (normalno na osu).

Kod navojnih spojeva prisutno je zavojno kretanje tačaka navoja. To je složeno kretanje koje se sastoji od obrtnog kretanja oko ose zavrtnja i translatornog kretanja uzduž ose zavrtnja. Pri tome svaka tačka navoja opisuje po jednuj prostornu liniju koje se zove zavojnica, slika 17.2.1.

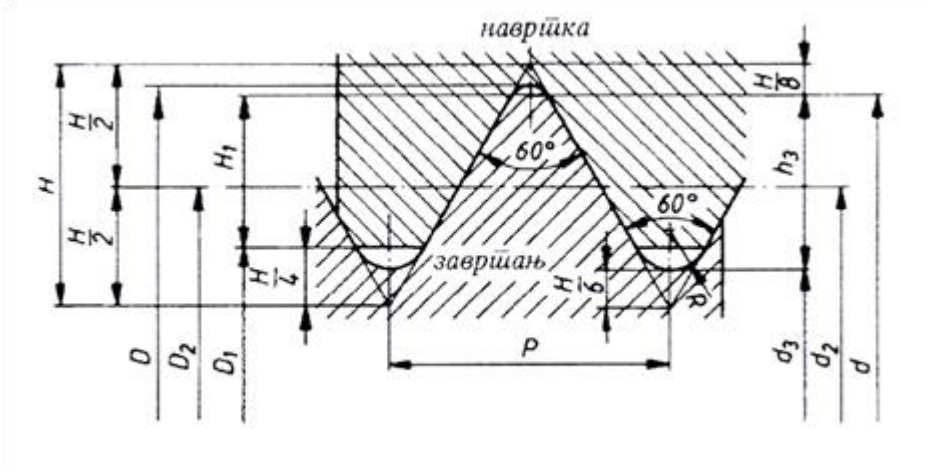


Slika. 17.2.1. Konstrukcija zavojnice

Zavojak je deo zavojnice koji odgovara jednom punom obrtu posmatrane tačke. Zavojnica se može dobiti namotavanjem pravouglog trougla oko cilindra.

Ako umesto tačke oko cilindra zavojno kretanje vrši geometrijska slika nastaje navoj.Deo navoja koji odgovara jednom punom obrtu naziva se navojak. Navoj može biti formiran sa spoljašne strane cilindra, pa

predstavlja spoljašnji navoj u obliku zavrtnja, ili sa unutrašnje strane cilindra pa predstavlja unutrašnji navoj u obliku navrtke.
Prema smeru rotacije pri nastanku navoja razlikujemo **desni i levi navoj.**
Na slici 17.2.2. spoj profila metričkog navoja vijka i matice.



Slika 17.2.2. Profil metričkog navaoja

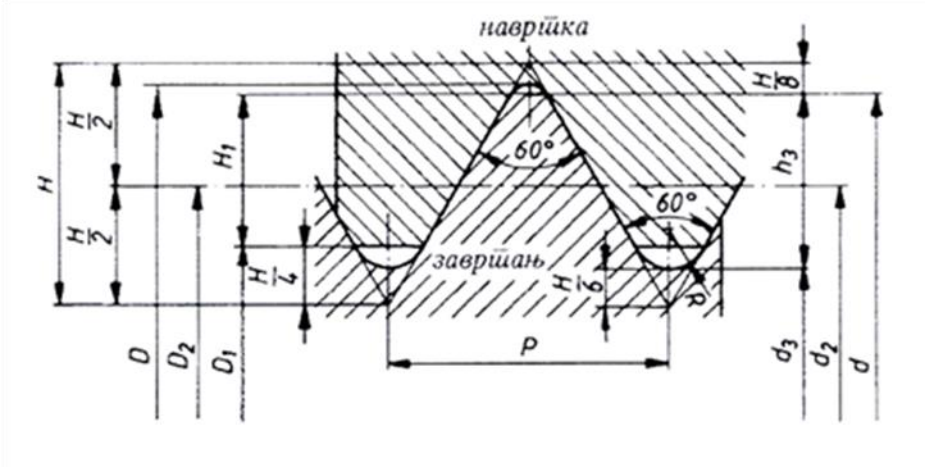
Stvarni profil navoja razlikuje se od teorijskog i nastaje skraćenjem vrha i zaobljenjem podnožja teorijskog profila navoja. Mali cilindar spoljašnjeg navoja predstavlja jezgro preseka. Ugao između bočnih linija profila navoja predstavlja ugao profila ( ).
Spoj jednog spoljašnjeg i jednog unutrašnjeg navoja, sa istim nazivni prečnikom i istim profilom, predstavlja navojni par. Nazivni prečnik predstavlja prečnik velikog cilindra spoljašnjeg ili unutrašnjeg navoja. Dubina nošenja navoja (H1) je rastojanje između krajnjih tačaka spoljašnjeg i unutrašnjeg navoja (H1=(d-D1)/2). Dužina nođenja navoja (In) je aksijalno rastojanje između krajnjih tačaka dodira spoljašnjeg i unutrašnjeg navoja u spoju (In=Zn•P).

2. Standardni profili navoja

Standardni profiil nastaju od teorijskih profila prilagođenih funkcionalnoj nameni istih. Oni za teorijske profile imaju standardne geometrijske slike, najčešći standardni profili su:

Metrički navoji krupnog i sitnog koraka
Teorijski profil je jednokostranični trougao sa malim skraćenjem vrha i velikim zaobljenjem korena navoja. Postoji standardni metrički navoj krupnog koraka za prečnike d = 1 68mm i sa korakom P=0,25 6mm.

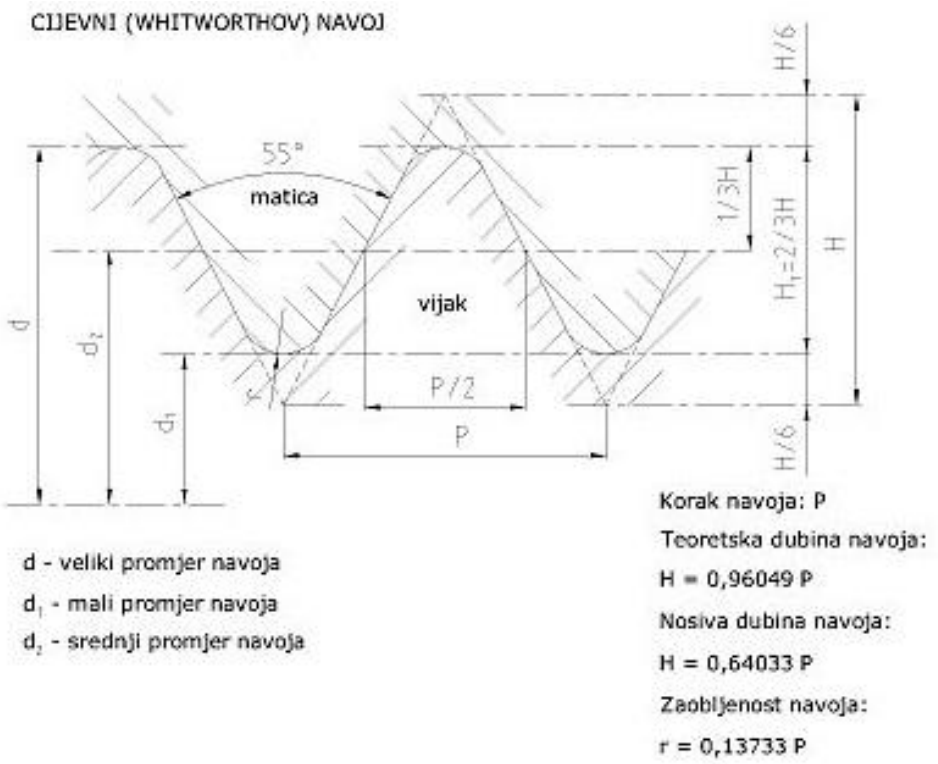
Označava se slovom M i nazivnim prečnikom d, na primer Md (M20). Primenjuje se u opštem mašinstvu za izradu zavrtnjeva i navrtki svih oblika. Metrički navoj sitnog koraka je standardizovan za prečnike d=1 100mm i sa korakom P=1 6mm. Označava se slovom M, nazivnim prečnikom d i korakom P, na primer MdxP(M20x1,5).slika 17.2.3. Primenjuje se za visoko napregnute zavrtnjeve i zavrtnjeve velikih dimenzija.



Slika 17.2.3 Parametri metričkog navoja

Cevni navoj (Vitvortov cevni navoj)

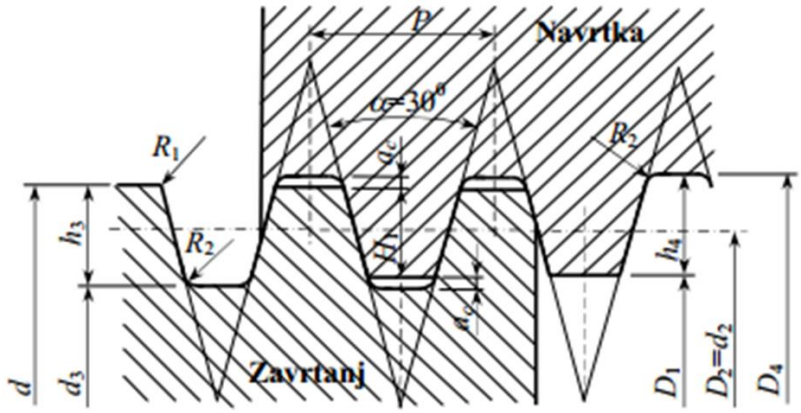
Teorijski profil je jednakokraki trougao sa uglom profila od 55º, slika 17.2.4. Dimenzije cevnog navoja se daju u celovima i obeležavaju se slovom G i nazivnim prečnikom u colovima na primer G1/4”. Postoji i hermetički cevni navoj u oznaci R1/4” sa konusnim, spoljašnjim navojem (K1:16) i cilindričnim unutrašnjim navojem.



Slika 17.2.4. Profil cijevnog navoja

Trapezni navoj

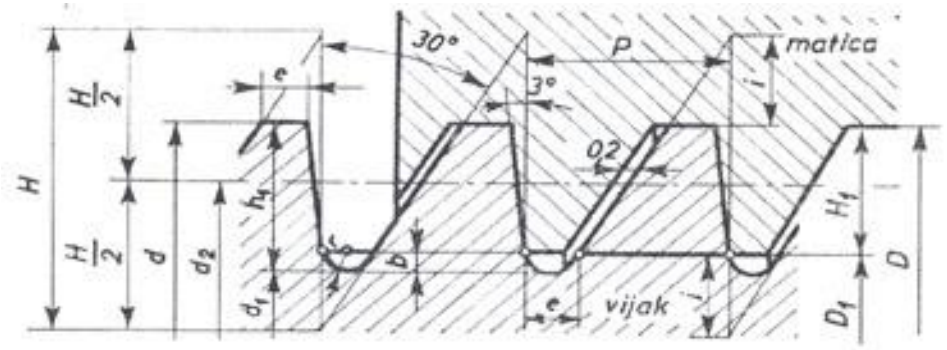
Teorijski profil je jednakokraki trougao sa uglom profila od 30º, slika 17.2.5. Visina stvarnog profila je znatno manja od teorijske, pa isti ima oblik trapeza sa zaobljenim korenom adi smanjenja koncentracije napona. Označava se slovnom oznakom T, nazivnim prečnikom d i korakom P, na primer TrdxP (T36x6). Može biti jednohodni i višehodni. Primenjuje se kod pokretnih navojnih spojeva – navojnih prenosnika.



Slika 17.2. 5. Profil trapeznog navoja

Kosi navoj

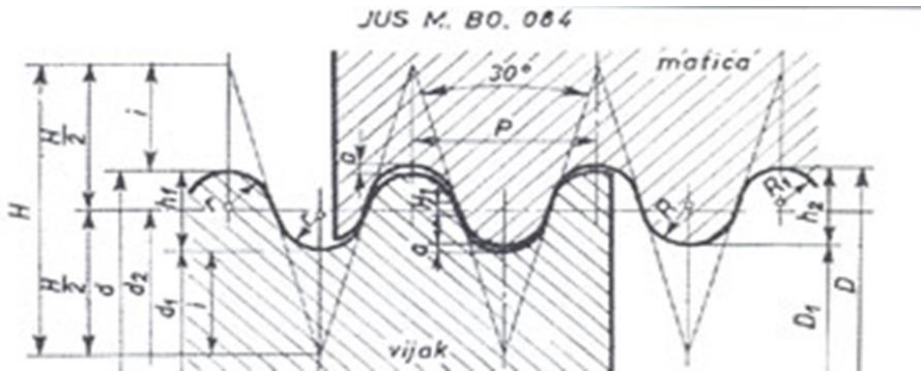
Teorijski profil kosog navoja je pravougli trougao sa uglom profila od 30º. slika 17.2.6. Stvarni profil je sa bočnim uglovima od 3º, za noseći bok navoja i od 30º, za slobodni bok navoja. Kosi navoj je sa većim zaobljenjem korena i smanjenom visinom. On je povećane nosivosti i sa manjim radijalnim opterećenjem u odnosu na trapezni navoj. Pogodan je za prenošenje velikih jednosmernih opterećenja. Označava se slovnom oznakom S prečnikom d i korakom P, na primer Sd x P (S48x12).



Slika 17.2. 6. Profil kosog navoja

Obli navoj

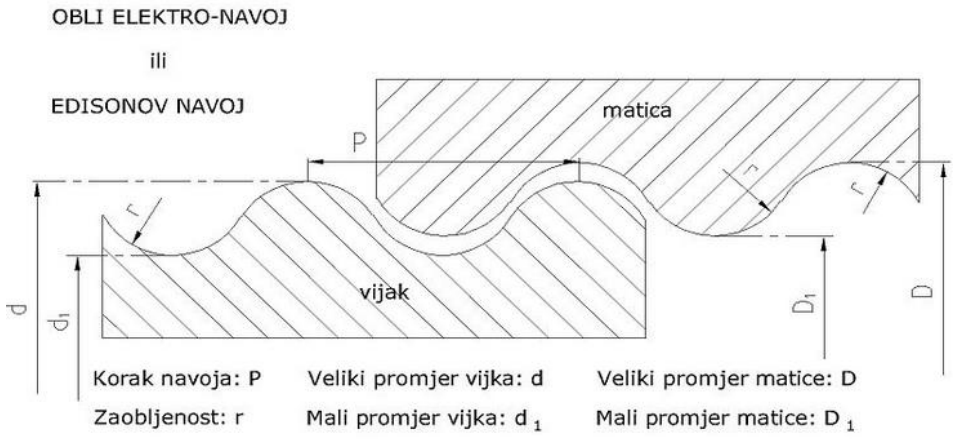
To je simetrični navoj sa uglom profila od 30º (sl.17.2.7.) sa zaobljenim vrhom i korenom i smanjenom koncentracijom napona. Zbog manje dodirne površine on je smanjene nosivosti i prmenljiv je u prljavoj sredini zbog većeg temenog zazora. Označava se slovnom oznakom Rd, prečnikom d i korakom P u colovima, na primer Rdd x P (Rd48x1/6).



17.2.7. Profil oblog navoja

Obli elektro-navaoj

Obli elektro-navoj ili Edisonov navoj se koristi za grla električnih žarulja i električne osigurače. Obli elektro-navoj označava se slovima E, te nominalnim promjerom navoja d u mm, E 27, profi prikazan na sl.17.2.8.



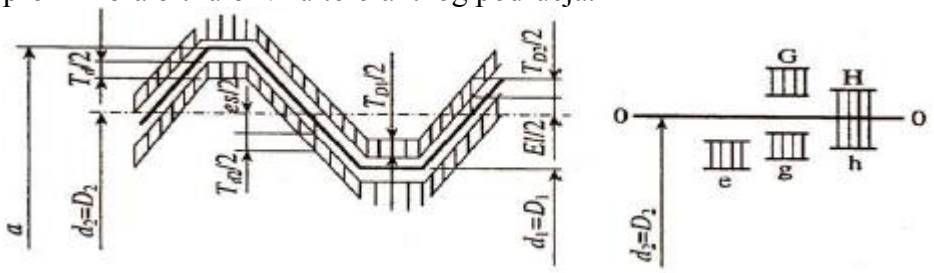
Slika 17.2.8. Profil Edisonovog navaoja

3. Tolerancija navoja

Navojni par u spoju čine zavrtanj sa spoljašnjim navojem i navrtka sa unutrašnjim navojem. U sklopu oni čine naleganje koje mora biti u određenim tolerancijama koje obezbeđuje ispravnu funkcionalnost u prenošenju međusobnog kretanja i opterećenja kao i zamenljivost spregnutih delova.

Osnovni – nulti oblik (nulta linija) kod tolerancija navoja ima oblik profila navoja bez odstupanja, prikazan na sl.17.2.9. Područje – oblik

tolerancijskog polja, odgovara konturi profila navoja pri čemu stvarni profil mora biti u okviru tolerantnog područja.



Slika 17.2.9.. Tolerancijska polja navoja

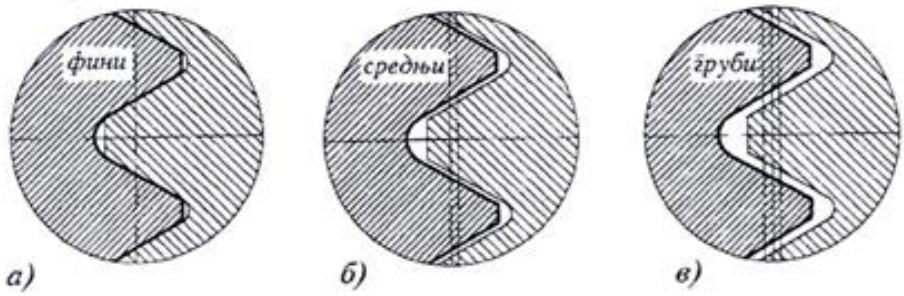
Tolerancija navoja obuhvataju: toleranciju koraka navoja (P), ugao profila navoja i sve prečnike navoda (d; d2; d3; D; D1; D2). ISO sistem tolerancija metričkog navoja propisuje za spoljašnji navoj tolerancijska polja e, g, h, m i p a za unutrašnji navoj tolerancijska polja G i H. Njihov položaj oko nulte linije je istovetan kao i za tolerancijska polja dužinskih mera sa kvalitetom tolerancije navoja 3-9.

Primeri označavanja tolerancija:

- za metrički navoj krupnog koraka M204H/3h (M204H5H/3m4h)
- za metrički navoj sitnog koraka M20x1,5 4H/3h

Oznaka 4H odnosi se na odstupanje prečnika unutrašnjeg navoja a oznaka 3h odnosi se na odstupanje prečnika spoljašnjeg navoja. Kada su navedene po dve tolerancije onda je druga po redu oznaka sa većim dozvoljenim odstupanjem (5H i 4h) i odnosi se na temene prečnike.
Postoje tri klase naleganja (sl.17.2.10) navojnih parova i to:

1. A-fina (za navoje u preciznom mašinstvu)
2. B-srednja (za navoje u opštem mašinstvu)
3. C-gruba (za navoje bez posebnih zahteva



Slika 17.2.10. Klase naleganja navojnih parova

Kombinacijom navedenih tolerancijskih polja moguća su sledeća naleganja navojnih parova:

- H/m - čvrsto naleganje sa malim preklopom
- H/p - čvrsto naleganje sa velikim preklopom
- H/h - labavo naleganje sa malim zazorom
- H/g;G/h - labavo naleganje sa srednjim zazorom
- H/e - labavo naleganje sa velikim zazorom

Fina klasa naleganja je predviđena za naleganja sa malim zazorom i sa malim preklopom, dok je gruba klasa predviđena za naleganje sa velikim zazorom. U pogledu dužine nošenja navojnog spoja In navojni spojevi mogu biti kratki (S), normalni (N) i dugački (L).

4. Materijal za izradu navojnih delova

Kao materijali za izradu zavrtnjeva i navrtki koriste se čelici odgovarajućih karakteristika izdržljivosti . To su pre svega konstrukcioni čelici i čelici za poboljšanje koji su i standardizovani.

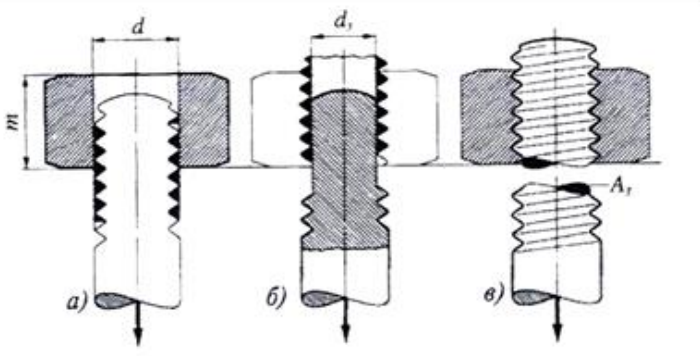
Oznaka materijala zavrtnja sastoji se iz dve brojne oznake, na primer 6.8. *Njihovo značenje je sledeće:*

- ako se prva brojka pomnoži sa 100 dobija se vrednost zatezne čvrstoće (Rm = 6x100 =600N/mm2);
- proizvod prvog i drugog broja pomnožen sa 10 daje vrednost granice tečenja (Re = 6x8x10=480N/mm2).

Dobijeni podaci predstavljaju minimalne vrednosti koje je dužan da obezbedi proizvođač bez obzira na hemijski sastav i ostale karakteristike materijala.

Za slučaj otkaza – loma navojnog spoja (sl.17.2.11) moguća su tri slučaja:

- smicanje navojaka navrtke
- smicanje navojaka zavrtnja
- prekid – lom jezgra navoja



Slika 17.2.11.

Kod ispravno dimenzionisanog navojnog para pri razaranju javlja se treći slučaj. Prvi i drugi slučaj se javljaju kada dužina nošenja navoja nije dovoljna za prenošenje nastalog opterećenja. To najčešće zavisi od visine navrtke pa su iste razvrstane u tri grupe:

- navrtka za zavrtnjeve potpune nosivosti sa visnom i sa spoljašnjim otvorom ključa
- navrtka zha zavrtnjeve ograničene nosivosti sa visinom <0,8d
- navrtska za zavrtnjeve bez garantovane nosivosti

Pored napred navedenih materijala za izradu zavrtnjeva i navrtki, mogu se koristiti nerđajući čelici, vatrootporni čelici, obojeni metali i njihove legure (mesing i bronza), legure aluminijuma, mangana ili titana kao i plastične mase.
Izrada navoja se izvodi skidanjem strugotine i bez skidanja strugotine. Kod izrade skidanjem strugotine koristi se čelik za automate kvaliteta 5.6 i 6.8 za zavrtnje, a kvalitet 5 i 6 za navrtke. Izrada navoja bez skidanja strugotina izvodi se valjanjem na hladno do M24 i valjanjem na toplo za veće prečnike preko M24. Dinamička čvrstoća navoja može se povećati gnječenjem korena navoja hladnim valjanjem.

5. Vrste zavrtnjeva i navrtki

Navojni par (spoj) čine zavrtanj i navrtka. Zavrtanj j element sa spoljašnjim navojem i sastoji se od glave i stabla. Na jednom delu stabla je izrađen navoj, a drugi deo je glatko obrađen i predstavlja vrat zavrtnja. Postoje zavrtnji sa navojem izrađenim po celoj dužini stabla. Zavrtnji se najčešće konstrukciono razlikuju po obliku glave zavrtnja koja može biti:

1. Zavrtanj sa šestougaonom glavom
2. Zavrtnji sa cilindričnom glavom i šestougaonim otvorom za ključ
3. Zavrtnji sa okruglom i sa konusnom ili sočivasto upuštenom glavom
4. Zavrtnji usadni (sverni) bez glave i sa navojem na oba kraja
5. Uvrtni zavrtnji bez galve i sa urezom za odvijač

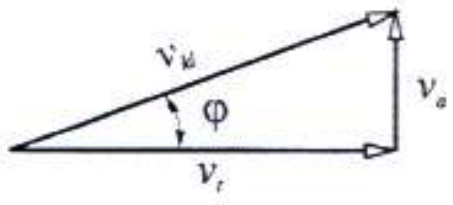
Navrtke su elementi sa unutrašnjim navojem. One su standardizovane i različitih su oblika i dimenzija. Najčešće su u primerni sledeći konstrukcioni oblici:

1. Šestougaona navrtka potpune nosivosti
2. Visoka i niska četvorougaona navrtkač
3. Šestougaona kapasta navrtka (visoka i niska)

4. Navrtka sa žlebovima po obodu
5. Krilasta navrtka
6. Nareckana navrtka
7. Krunasta navrtka
8. Navrtka sa čeonim rupama ili čeonim urezima po obodu

6. Opterećenje i naprezanje pokretnih navojnih spojeva

Kod pokretnih navojnih spojeva vrši se transformacija obrtnog kretanja u translatorno i obrnuto. To omogućava složeno zavojno kretanje koje se sastoji z : rotacije (obrtnog kretanja) i translacije (aksijalno pomeranje), Rezultujuća brzina (sl.17.2.12) je brzina klizanja Vkl.



Slika 17.2.12. Rezultujuća brzina klizanja kod navoja

Aksijalno pomeranje S:

$$S : \theta = L : 2\pi$$

$$S = \frac{\theta}{2\pi} L$$

$$tg\varphi = \frac{L}{d^2 \cdot \pi}$$

$$L = d^2 \cdot \pi \cdot tg\varphi$$

$$V_{kl} = \sqrt{V_t^{\,2} + V_a^{\,2}}$$

$$V_a = \frac{ds}{dt} = \frac{d\theta}{dt} \cdot \frac{L}{2\pi} = \omega \frac{d_2 \cdot \pi \cdot tg\varphi}{2\pi}$$

$$V_a = \omega \frac{d^2}{2} \cdot tg\varphi$$

$$V_a = V_t \cdot tg\varphi$$

$$Va = n \cdot L$$

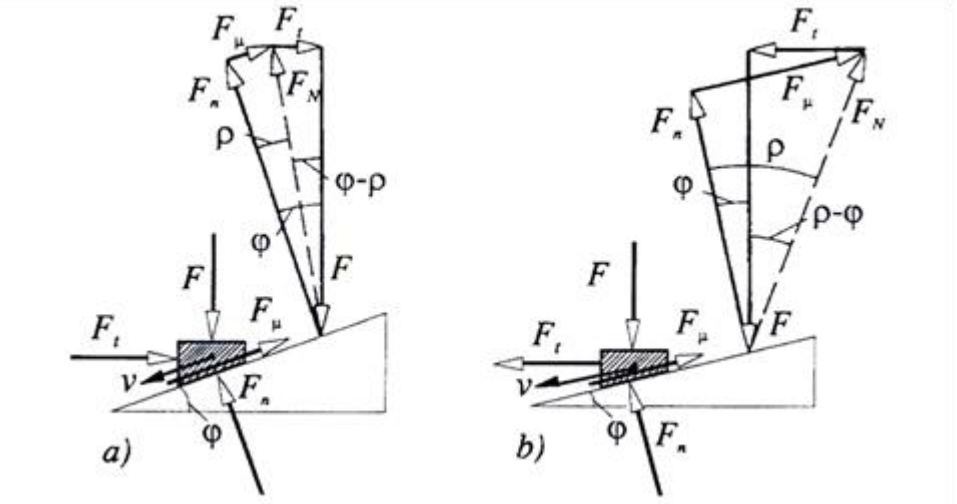
Navojni spoj se može posmatrati kao strma ravan preko koje se može uspostaviti zavisnost između obrtnog momenta i aksijalne sile. Aktivne sile su aksijalne sila F i obimna sila F_t., slika 17.2.13.

Reaktivna sile su normalna sila F_n i sila trenja F_μ.

Zavrtanje:

$$F_t = F \cdot tg(\varphi + \rho_n)$$

$$T_n = F_t \cdot \frac{d_2}{2} = F \cdot \frac{d_2}{2} tg(\varphi + \rho_n)$$



Slika 17.2.13.

Odvrtanje – samokočivi:

$$F_t = F \cdot tg(\varphi_n - \varphi) \qquad T_n = F \cdot \frac{d_2}{2} tg(\rho_n - \varphi) \qquad T_n = -F \cdot \frac{d_2}{2} tg(\varphi - \rho_n)$$

Odvrtanje – nesamokočivi:

$$F_t = F \cdot tg(\varphi - \rho_n) \qquad T_n = F \cdot \frac{d_2}{2} tg(\varphi - \rho_n)$$

Kod pokretnih navojnih parova zavojno vreteno predstavlja strmu ravan a navrtka je prikazana kao telo koje se kreće po navojku. Reezultantne aktivnih i reaktivnih sila su u ravnoteži.

Napred navedeni izrazi odgovaraju pravougaonom profilu navoja kod koga je aksijalna sila približno jednaka normalnoj sili. Kod trouglastog profila navoja normalna sila je $F_n = \dfrac{F}{\cos(\alpha/2)}$

Sila trenja : $F_\mu = \mu \cdot F_\mu = \mu \cdot \dfrac{F}{\cos(\alpha/2)} = \mu_n \cdot F$ gde je:

$\mu_n = \dfrac{\mu}{\cos(\alpha/2)}$ - koeficijent trenja

21. za metrični navoj (α = 60º) – $\mu_n \dfrac{\mu}{\cos 30^\circ} = 1{,}155 \cdot \mu$

22. za trapezni navoj $(\alpha = 30^{o}) - \mu_n = \dfrac{\mu}{\cos 15^{o}} = 1.035 \cdot \mu$

1. za pravougaoni navoj $(\alpha = 0^{o}) - \mu_n = \dfrac{\mu}{\cos 0^{o}} = \mu$

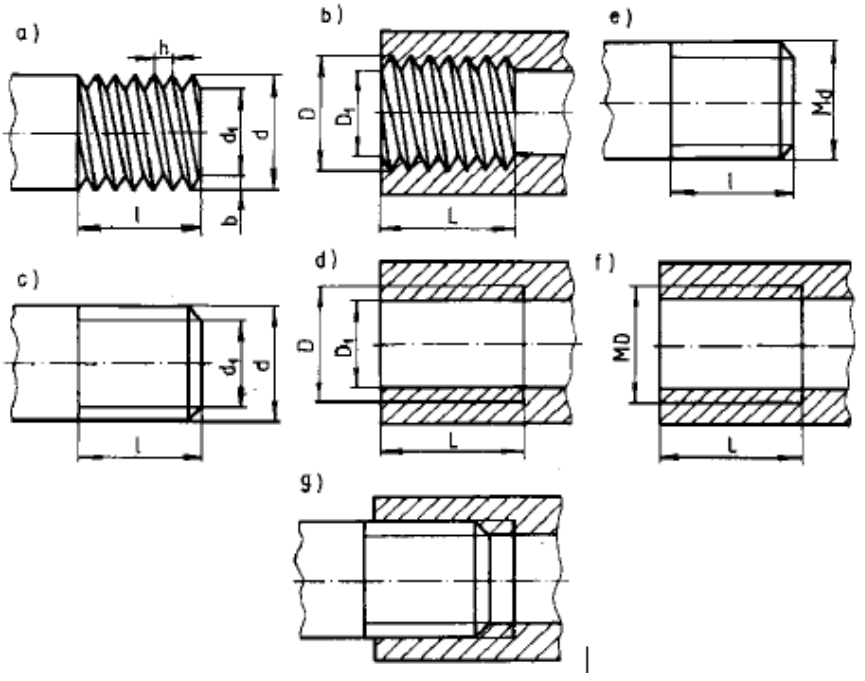
$T_\mu = F_\mu \cdot r_\mu = \mu \cdot F \cdot \dfrac{d_\mu}{2}$ - moment trenja između dodirnih površina

$d_\mu = \dfrac{2}{3} \cdot \dfrac{d_s^{\,3} - d_u^{\,3}}{d_s^{\,2} - d_u^{\,2}}$ - srednji prečnik trenja

Ukupni obrtni moment: $T = T_n + T_m = F \cdot \dfrac{d_2}{2}\left[tg(\varphi + \rho) + \dfrac{d_\mu}{d_2} \cdot \mu \right]$

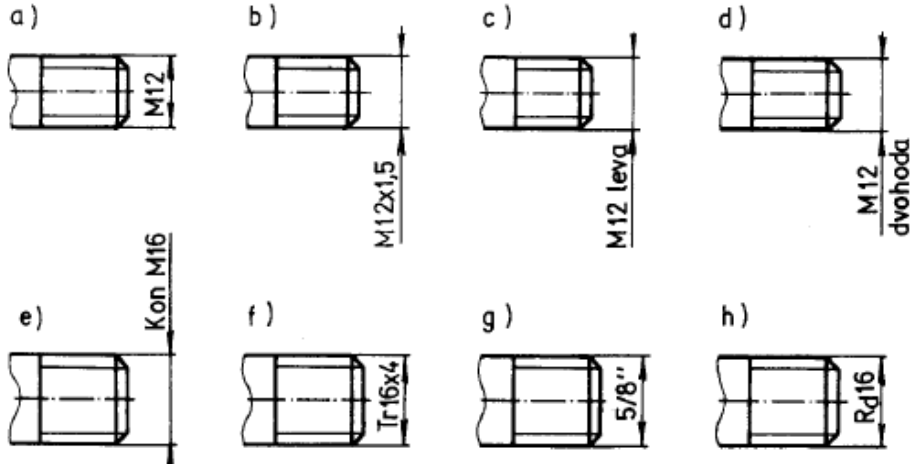
7. Preseci, kotiranje i šrafiranje zavrtnjeva

Zavrtnji služe za razdvojivo spajanje mašinskih delova. Vitalni deo zavrtnja je zavojnica. Izgled zavojnice na stablu zavrtnja i rupi navrtke, bez uprošćenja prikazan je na slici 17.2.14. Na istoj slici je prikazano uprošćeno crtanje zavojnice kao i način kotiranja. Označava se samo vrednost nominalnog prečnika (d, D) ispred kojeg stoji oznaka vrste zavojnice (M, Tr, ⁄) i aktivna dužina zavojnice (l, L).



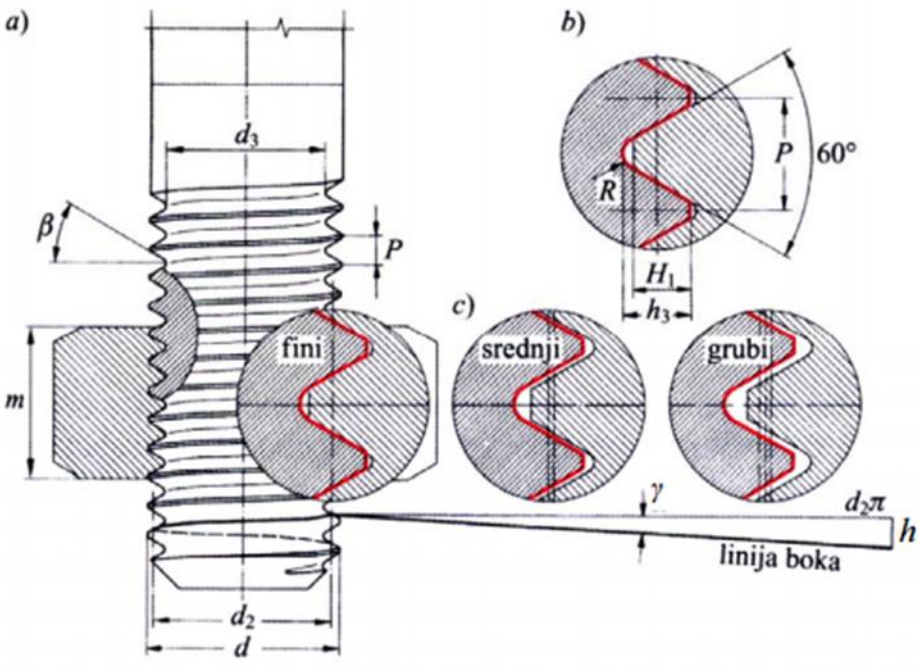
Slika 17.2.14. Izgled zavojnice na stablu

Metrička zavojnica može biti i konična (stablo je cilindrično, a zavojnica konična). Koristi se za dobro zaptivanje cevnih spojeva. Kotira se tako što se ispred oznake doda skraćenica „kon‰ (sl. 17.2.15.). Na istoj slici prikazano je kotiranje trapezne, vitvortove i oble zavojnice.



Slika 17.2.15. Kotiranje navoja

Vijak i matica:



Slika 17.2.16. Osnovni parametri vijka i matice

- d = vanjski nazivni promjer vijka
- d2 = srednji promjer navoja (bokova)
- d3 = promjer korijena navoja vijka (promjer jezgre);
  za metričke navoje je d3 = d – 1,22687·P
- P = korak navoja (udaljenost između dva susjedna zupca)
- β = kut nagiba boka zuba (kut profila)
- D1 = unutarnji promjer navoja matice
- m = visina matice
- h = uspon navoja
- γ = kut uspona

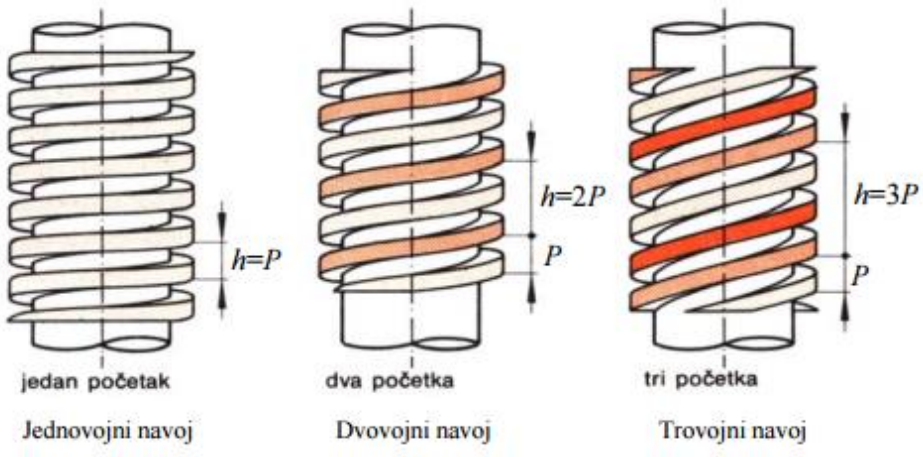
Profil metričkog ISO navoja:

- H1 = nosiva dubina navoja
- h3 = dubina navoja
- R = polumjer zaobljenja u korijenu navoja

Prema kvaliteti izrade, tj. hrapavosti i točnosti izmjera i oblika, vijci i matice
se dijele u sljedeće klase (DIN 267):

- F – fina
- A - srednja - za opću upotrebu
- B - srednje gruba
- C – gruba

Navoj može imati jedan ili više početaka pa se govori o jednovojnom ili viševojnom navoju, sl.17.2.17. Viševojni navoji imaju veći uspon h.



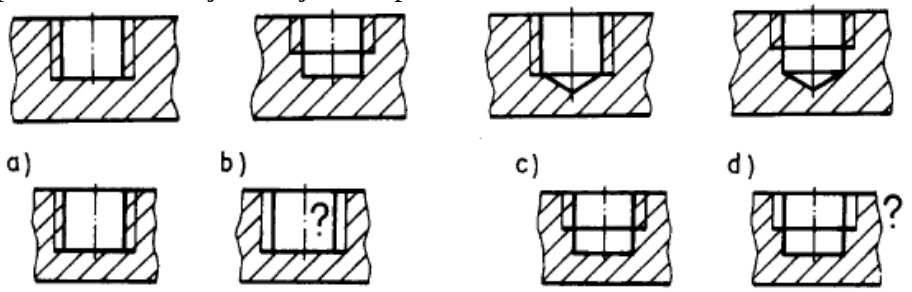
Slika 17.2.17.Navoj sa više početaka

Crtanje i kotiranje zavojnice na stablu zavrtnja u dva pogleda prikazano je na sl. 17.2.18. Zavojnica se kotira prvenstveno u onom pogledu gde se ne projektuje kao krugovi.



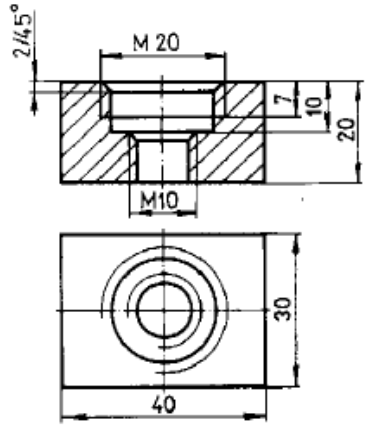
Slika 17.2.18. Crtanje i kotiranje zavojnice na stablu

Način crtanja zavojnice u rupi u različitim varijantama dubine rupe i zavojnice prikazano je na sl.17.2.19. Na istoj slici prikazano je pravilno i nepravilno šrafiranje zavojnice u preseku.

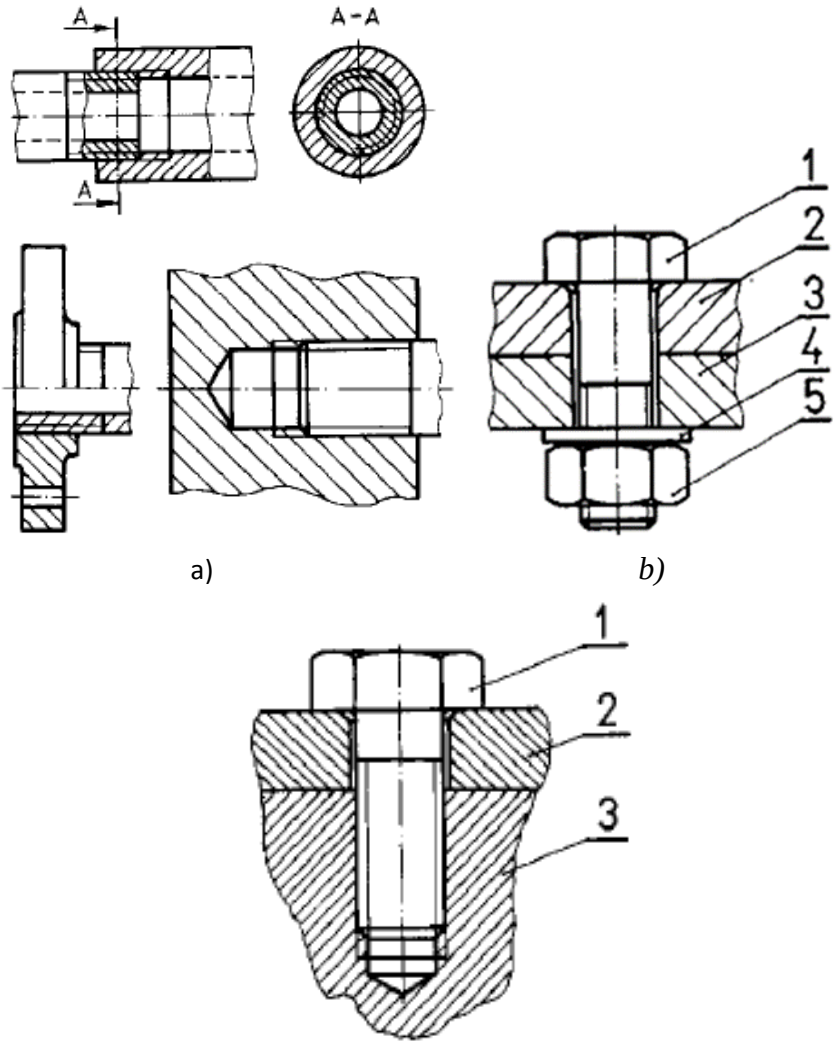


Slika.17.2.19.. Zavojnica u rupi i pravilno i nepravilno šrafiranje zavojnice

Ivice stabla i rupe sa zavojnicom su oborene, bilo da se to namerno čini ili se tako već dobija izradom zavojnice. Kada se konture oborene ivice i zavojnice poklope, zavojnica ima prednost nad konturom oborene ivice (sl. 17.2.20). Neki primeri crtanja zavojnice u sklopu prikazani su na sl.17.2.21.

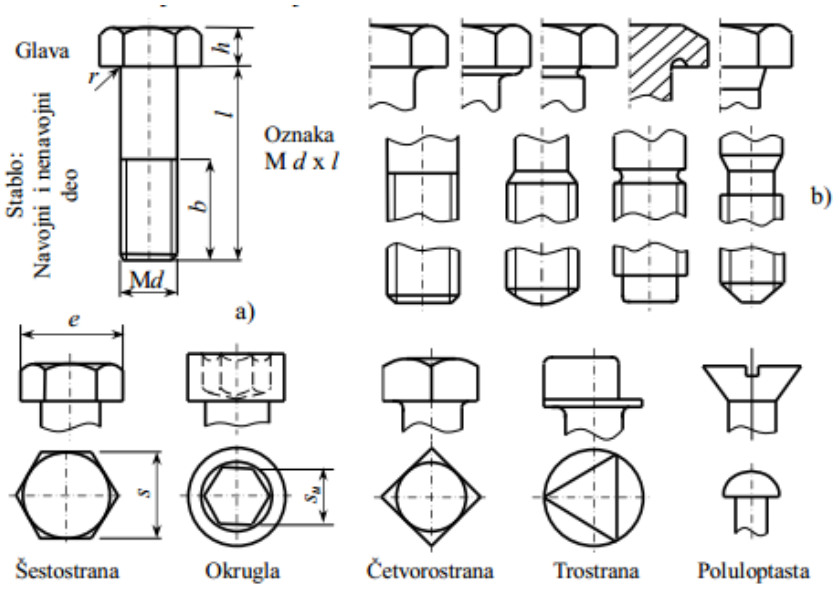


Slika 17.2.20. Crtanje zavojnice i oborene ivice



Slika 17.2.21. Zavrtanj i navrtka u sklopu sa dve ploče i zavrtanj bez navrtke u pločama

Na sl. 17.2.21-b prikazan je zavrtanj sa navrtkom i podloškom u sklopu dve ploče, a na sl. 17.2.21-c zavrtanj bez navrtke, gde ulogu navrtke ima donja ploča. Na slici 17.2.22 prikazani su osnovni standardizovani oblici mašinskog zavrtnja.



Slika 17.2.22. Oblici mašinskog zavrtnja.

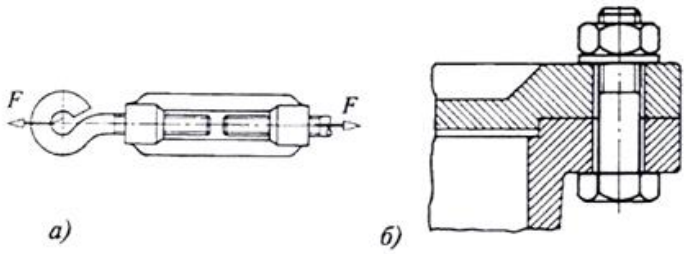
17.3. VRSTE VIJČANIH SPOJEVA

Vijčani spojevi su najčešće korištena vrsta rastavljivih spojeva. Glavni elementi vijčanog spoja su:

1. Vijak na kojem je izrađen vanjski navoj
2. Matica ili cilindrični provrt u strojnom dijelu u kojima je izrađen unutarnji navoj
3. Podložna pločica ili osigurač - po potrebi.

Zavrtanjsku vezu čini zavrtanj, navrštka i delovi koji se vezuju. Prema načinu ostvarivanja (sli.17.3.1) mogu biti:

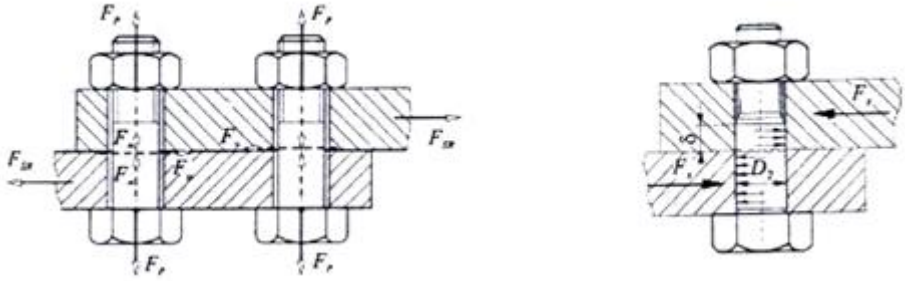
1. Nepritegnute zavrtanjske veze kod kojih je zavrtanj pre delovanja spoljašnje radne sile neopterećen, odnosno nije predhodno pritegnut (zatege).
2. Predhodno pritegnute zavrtanjske veze kod kojih je veza, pre delovanja radne sile (Fr), već opterećena silom predhodno pritezanja (Fp). One su najčešće u primeni.



Slika 17.3.1.

Prema pravcu delovanja radne sile razlikuju se:

1. Uzdužno opterećenje zavrtanjske veze kod kojih radna sila deluje u pravcu ose zavrtnja
2. Poprečno opterećenje zavrtanjske veze kod kojih radna sila deluje u pravcu normale na osu zavrtnja



Slika 17.3.2. Opterećenje zavrtanjske veze

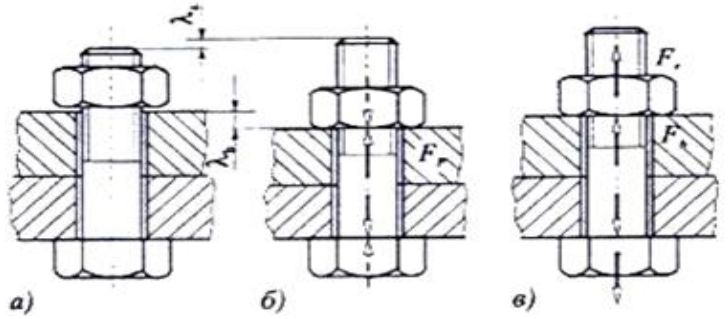
Poprečno opterećenje zavrtansje veze zavisnosi od načina njihovog ostvarivanja mogu biti frikcione i smicajne.

Kod frikcionih se radna sila prenosi putem trenja između površina spojenih delova. Tako ostvarena sila trenja F mora biti veća od poprečne radne sile >Fs). To su nepodešene zavrtanjske veze kod kojih postoji znatan zazor između stabla zavrtnja i otvora i kod kojih je zavrtanj opterećen na istezanje.

Kod smicajnih se radna sila prenosi ostvarenim dodirom odnosno pritiskom stabla zavrtnja i otvora. Ove veze se ostvaruju sa neizvesnim naleganjem (H7/k6 ili H7/m6) kod kojih je moguć mali zazor ili mali preklop pa se zovu podešene. Kod njih je stablo zavrtnja opterećeno na smicanje i pritisak.

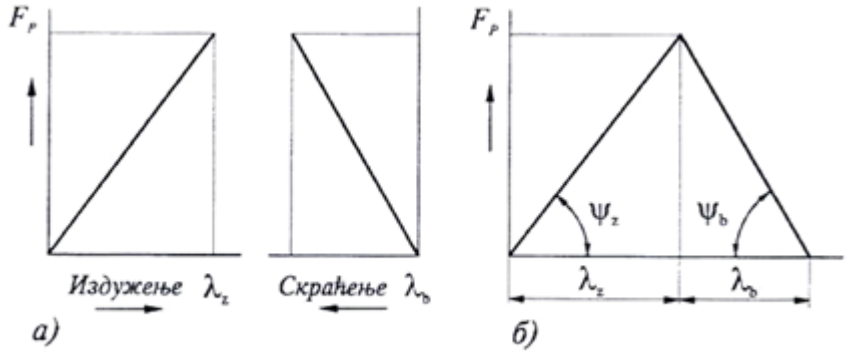
1. Opterećenje zavrtanjske veze u toku pritezanja

Pre pritezanja zavrtanj, navrtka i spojeni delovi su neopterećeni. Pri ostvarivanju zavrtanjske veze navrtka deluje na površinu spojenih dela i pritiskuje ih jedan uz drugi. Pri tome dolazi do izduženja stabla zavrtnja i sabijanja spojenih delova, slika 17.3.3.



Slika 17.3.3. Opterećenje zavrtanjske veze u toku pritezanja

Na kraju pritezanja elastično izduženje zavrtnja iznosi λ_z, elastično sabijanje spojenih delova λ_b. Ostvarena veza je opterećena silom predhodnog istezanja F_p koja napreže zavrtanj na istezanje a spojene delove na pritisak.
Deformacioni dijagram zavrtnja i spojenih delova je prikazan na sledećim skicama 17.3.4 a i b.:



Slika 17.3.4. Deformacioni dijagram zavrtnja

Moment pritezanja:

$$T_p = T_n + T_\mu = F_p \cdot \frac{d_2}{2}\left[tg(\varphi + \rho_n) + \frac{d_\mu}{d_2} \cdot \mu \right]$$

Stablo zavrtnja u toku pritezanja opterećeno je na zatezanje silom F_p i na uvijanje momentom T_n. Navrtka prenosi ukupni moment pritezanja $T_p = T_n + T_\mu$.

Napon zatezanja u poprečnom preseku zavrtnja dužine l iznosi:

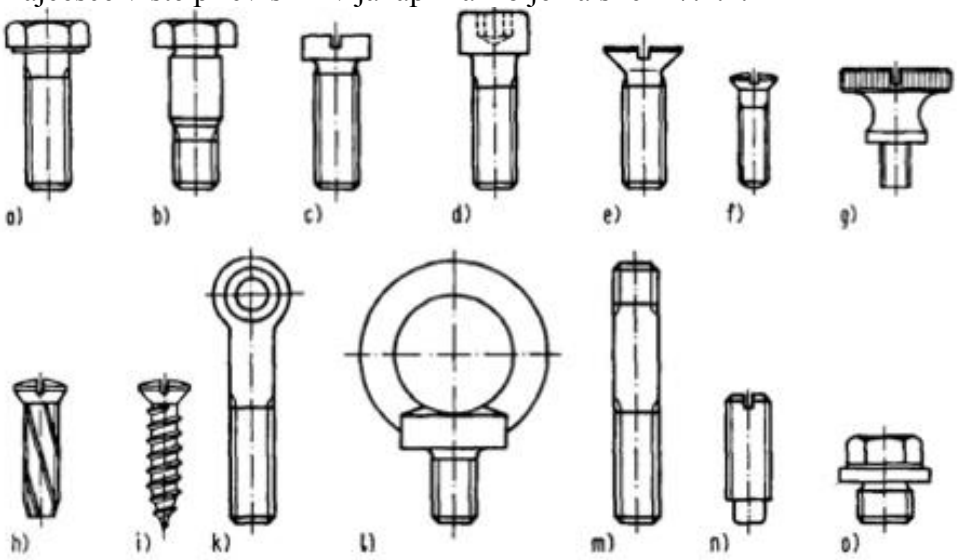
$$\sigma = E_z \cdot \varepsilon = E_z \cdot \frac{\lambda_z}{l} = \frac{F_p}{A_3} \rightarrow F_p = \frac{E_z \cdot A_3}{l} \cdot \lambda z = C_z \cdot \lambda_z ; \left(C_z = \frac{E_z . A_3}{l} \right)$$

Napon uvijanja : $\tau = \dfrac{T_n}{W_p} = \dfrac{T_n}{\dfrac{d^3 \pi}{16}} \approx \dfrac{T_n}{0{,}2 d^3}$

Moment u navojnom spoju: $T_n = F_p \cdot \dfrac{d_2}{2} tg(\varphi + \rho_n)$

17.4. VIJCI

Najčešće vrste pričvrsnih vijakaprikazno je na slici 17.4.1.



Slika 17.4.1 Oblik pričvrsnih vijaka

a. Vijak sa šestostranom glavom;
b. Vijak za točno nalijeganje (kalibrirani vijak);
c. Vijak s cilindričnom glavom;
d. Vijak s cilindričnom glavom s unutarnjim šesterokutom (za imbus-ključ);
e. Vijak s upuštenom glavom;
f. Vijak s upuštenom lećastom glavom;
g. Vijak s nareckanom glavom za ručno pritezanje;
h. Vijak sa samorežućim navojem;
i. Vijak za lim (sličnog koničnog oblika su vijci za drvo);
j. Vijak s uškom;
k. Vijak s prstenastom glavom;
l. Očni vijak;
m. Zatik s navojem;
n. Čep s navojem

Prostor potreban za pritezanje i otpuštanje vijka ovisi o vrsti vijka, odnosno potrebnoj vrsti ključa. Najmanje je mjesta potrebno za inbus-vijke pa se oni mogu smjestiti neposredno jedan uz drugi.

1. Materijal za vijke

Najčešći materijal za izradu vijaka je čelik visoke istezljivosti kod kojega nema opasnosti od krhkog loma. U elektrotehnici se zbog dobre vodljivosti koristi mjed. Koriste se i laki metali, a u zadnje vrijeme i polimeri (umjetne plastične mase). Čelični vijci se dijele u razrede čvrstoće tabela 17.4.1.

Tabela 17.4.1. Razredi čvrstoće vijaka

Razred čvrstoće vijka	**4.6**	**4.8**	**5.6**	**5.8**	**6.8**	**8.8**	**10.9**	**12.9**	**14.9**
R_m (N/mm^2)	400	400	500	500	600	800	1000	1200	1400
R_e (N/mm^2)	240	320	300	400	480	-	-	-	-
$R_{p0,2}$ (N/mm^2)	-	-	-	-	-	640	900	1080	1260
A_5 (%)	22	14	20	10	8	12	9	8	7
Odgovarajući materijal	Č0370	Č0370	Č0545	Č1330	Č1430	Č1730	Č4130	Č4732	Č5431
Pripadajući razred čvrstoće matice	**4**	**4**	**5**	**5**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**

A5 = relativno izduženje (dilatacija) ε pri lomu (za probnu epruvetu s l0=5·d0). Navedene čvrstoće vrijede za temperature do 350 °C. Iznad toga treba koristiti specijalne materijale.

Oznaka razreda čvrstoće znači:

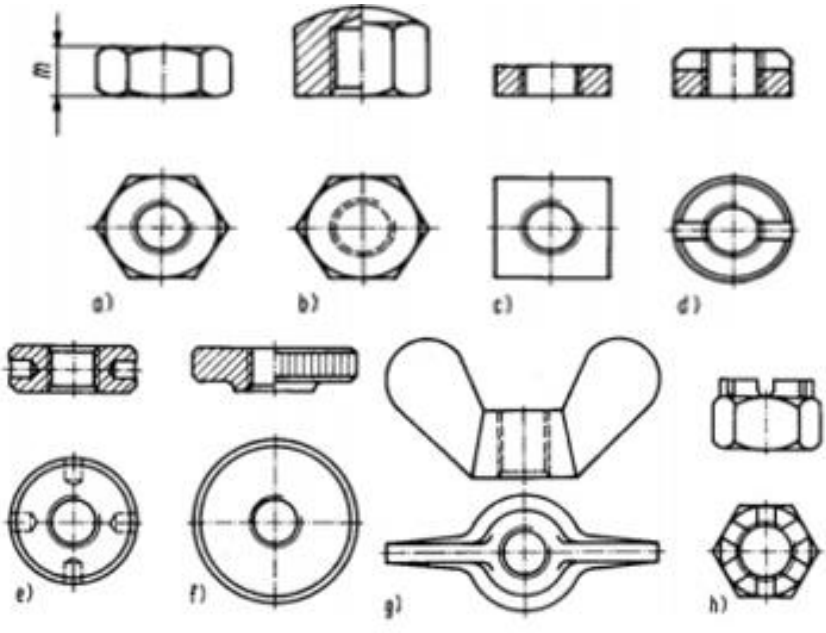
Npr. 6.8:

- prvi broj x 100 = 6 x 100 = 600 N/mm^2 = Rm
- prvi broj x drugi broj x 10 = 6 x 8 x 10 = 480 N/mm^2= Re

Vijci razreda čvrstoće 6.8 i čvršći moraju oznaku razreda čvrstoće imati vidljivo otisnutu na glavi vijka.

17.5. MATICE

Najčešće vrste matica slika 17.5.1.



Slika 17.5.1. Oblik matica

a) Šesterostrana matica; b) Šesterostrana zatvorena matica; c) Četverostrana matica; d) Matica s čeonim urezom; e) Matica s rupama po obodu; f) Nareckana matica; g) Krilasta matica (za ručno pritezanje); h) Krunasta matica

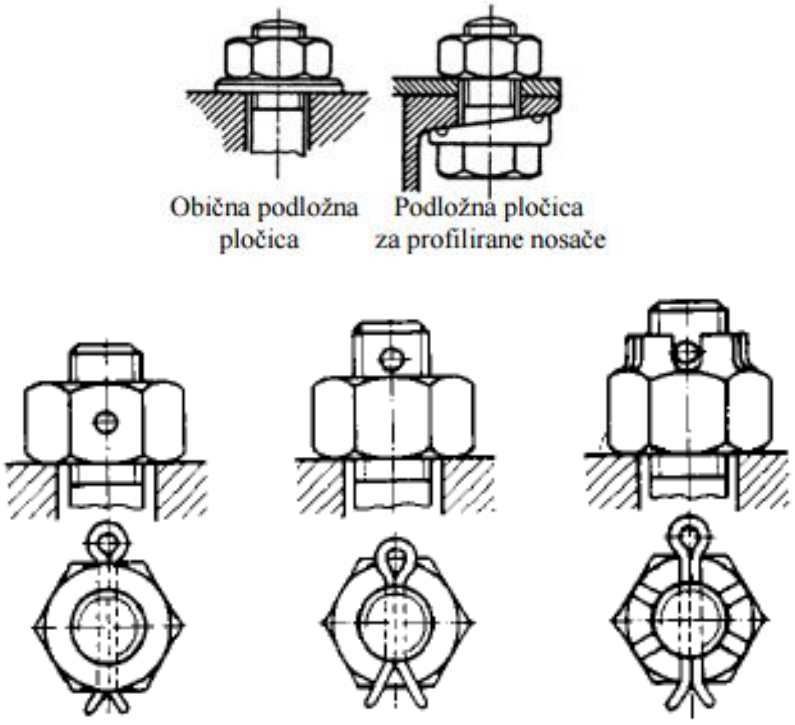
Čelične matice se dijele u razrede čvrstoće:

Razred čvrstoće	4	5	6	8	10	12	14
R_m (N/mm^2)	400	500	600	800	1000	1200	1400

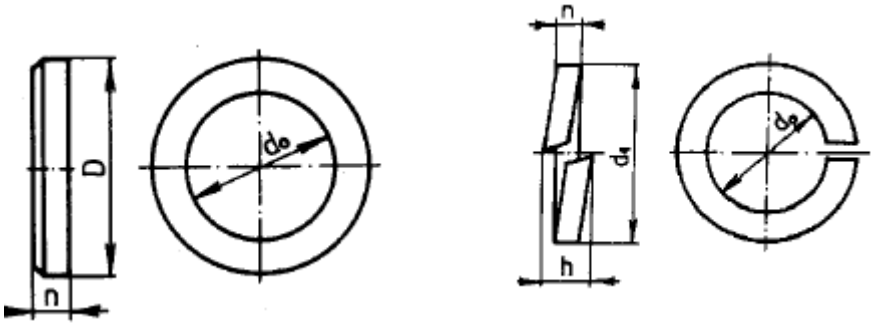
Oznaka razreda čvrstoće znači: Npr. 6: - broj x 100 = 6 x 100 = 600 N/mm2 = Rm Matice većih čvrstoća moraju na sebi imati otisnutu oznaku razreda čvrstoće.

1. Elementi za osiguranje

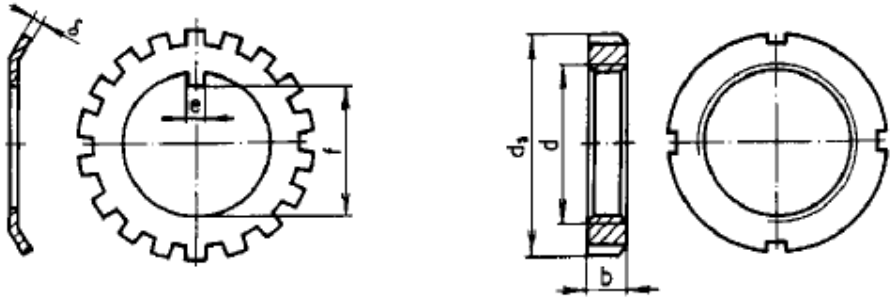
Elementi za osiguranje imaju ulogu da obezbede navrtku od samoodvrtanja, kao i ostale mašinske elemente ili delove mašina od pomeranja. To su rascepka, navrtka za osiguranje, navrtka sa osiguračem, podloška, unutrašnji i spoljašnji uskočnik, prsten sa vijkom, čivija i sl., slika 17.5.2.; 17.5.3.; 17.5.4.; 17.5.5.; i 17.5.6.



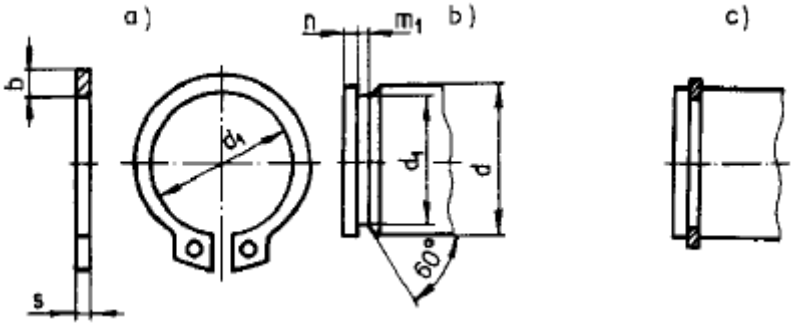
Slika 17.5.2. Osiguranje zavrtanjske veze rascepkom



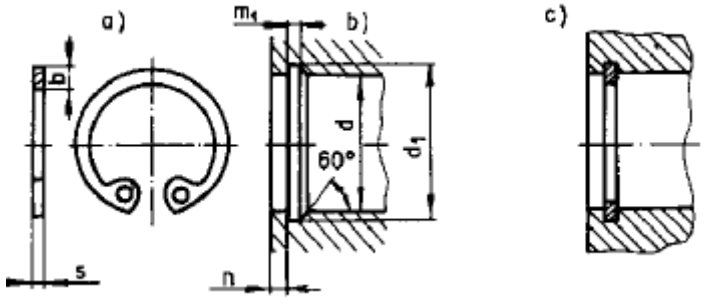
Slika 17.5.3. Obična i elastična podloška



Slika 17.5.4. Navrtka za osiguranje – osigurač za navrtku



Slika 17.5.5. Spoljašnji uskočnik



Slika 17.5.6. Unutrašnji uskočnik

17.6. OPRUGE

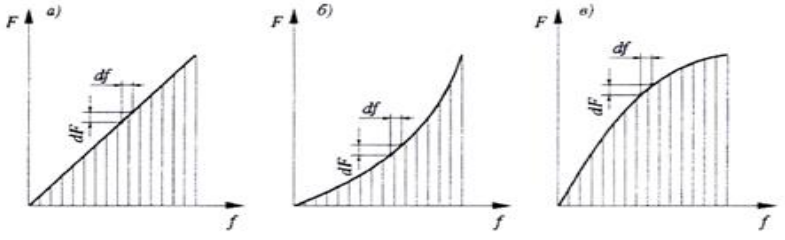
Elastični spojevi mašinskih delova i sklopova predstavljaju rešenja koja omogućavaju velika međusobna pomeranja u spoju, akumulaciju energije, ublažavanje udara i sl. Ova funkcija se ostvaruje na principu pretvaranja mehaničkog rada u potencijalnu energiju i obrnuto. Pod dejstvom sile spoj se deformiše. Sila na putu deformacije izvrši rad koji se u spoju akumulira u vidu potencijalne energije. Energija može biti akumulirana, sačuvana ili oslobođena u kraćim ili dužim vremenskim intervalima, pri manjim ili većim pomeranjima ili pod dejstvom većih ili manjih spregova. Opruge su elastični mašinski elementi koji , deformišući se, apsorbuju mehaničku energiju koju mogu, po prestanku optrećenja, da pretvore u mehanički rad. To se postiže primenom visoko elastičnih materijala i odgovarajućim konstrukcionim izvođenje. Njihovo područje primene je raznovrsno:

- akumulatori energije (kod časovnika, igračaka i oružja)
- amortizeri – prigušenje udara (kod vozila i transportnih sredstava)
- za povratno kretanje (kod ventila, kočnica, spojnica, mernih instrumenata)
- za merenje sile i obrtnih momenata (kod mernih uređaja)
- za raspored opterećenja

Prema vrsti naprezanja mogu biti: fleksione, torzione i zatezno - pritisne.
Prema obliku mogu biti: lisnate, zavojne, tanjiaste i prstenaste. Pod dejstvom opterećenja opruge se deformišu. Deformacija može biti izrašena kao ugib-kod fleksionih opruga i kao ugao uvijanja, kod torzionih opruga. Zavisnost opterećenja i deformacije predstavlja krutost opruge Cr.
Osnovna namena opruga je da elastično spoje dva dela. Postoji veliki broj različitih konstruktivnih oblika.

$$Cr = \frac{dF}{df}; C\varphi = \frac{dM}{d\varphi}; C\psi = \frac{dT}{d\psi}$$

Ova zavisnost može biti linearna, progresivna i degresina. Kod linearne karakteristike sa porastom optrećenja krutost se ne menja, kod progresivne-raste, a kod depresivne-opada, slika 17.6.1.



Slika 17.6.1. Dijagram vrste krutosti opruge

Deformacioni rad opruge je rad potreban da bi se izvršila određena deformacija i predstavlja površinu ispod krive krutosti opruge. Za opruge konstantne krutosti iznosi:

$$A_d = \frac{F \cdot f}{2}; A_d = \frac{M \cdot \varphi}{2}; M = \frac{T \cdot \psi}{2}$$

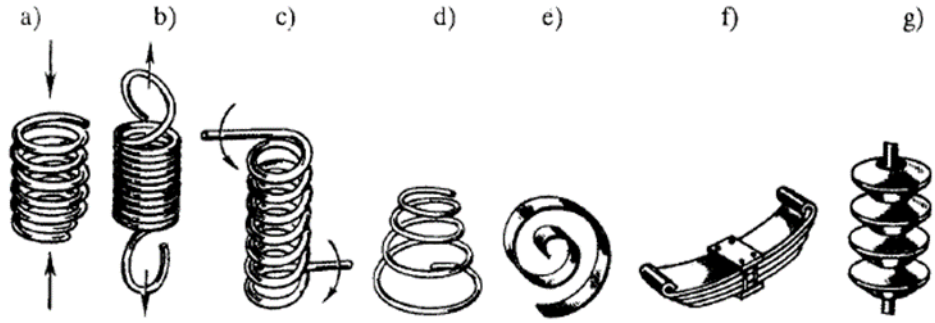
Zbog prigušenja u materijalu linija opterećenja se ne poklapa sa linijom rastrećenja jer se deo mehaničke energije pretvara u toplotu. Za ispunjenje specifičnih zahteva u pogledu potrebnog opterećenja i deformacije koriste se sistemi opruga koji mogu biti paraleleni, redni i kombinovani.

1. Podela opruga

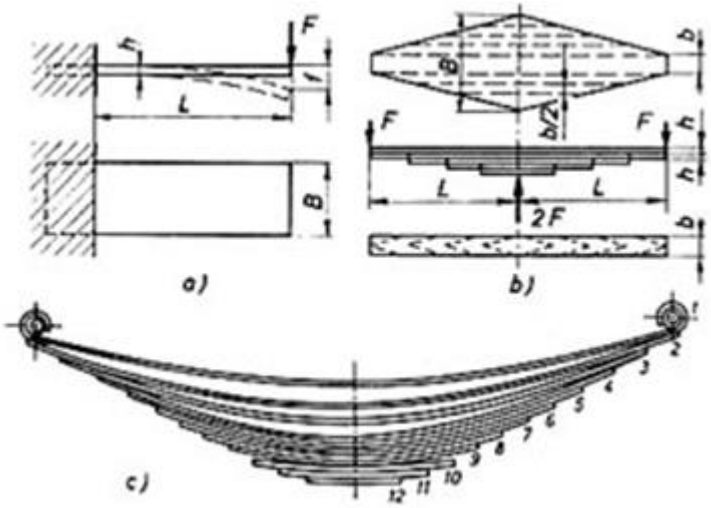
U zavisnosti od oblika i načina opterećenja opruge mogu biti izložene: savijanju (fleksiji), uvijanju (torziji) ili površinskom pritisku. Otuda i podela opruga na (sl 17.6.2):

- fleksione
- torzione
- prstenaste

Fleksione opruge se dele na: proste lisnate – (mala opterećenja, a velika deformabilnost, sl. 17.6.3.), složene lisnate (gibnjevi -velika opterećenja



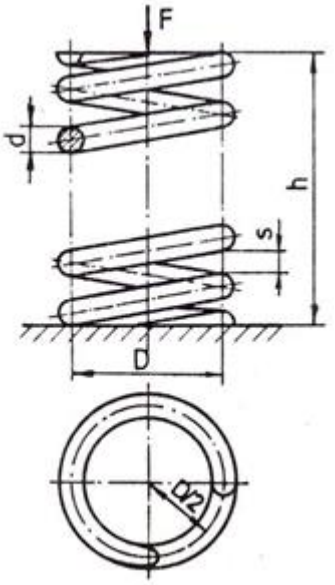
Slika 17.6.2. Torziona pritisna, torziona istežuća, torziona zavojna, torziona konična, spiralna, fleksiona (gibanj), tanjirasta opruga



Slika 17.6.3: Lisnata opruga: a) osnovni oblik konzole, b) osnovni oblik gibnja, c) listovi gibnja pre sklapanja

Torzione obuhvataju: štapove, navojne opruge i teleskopske.

1. štapovi - obuhvataju male ugaone deformacije
2. cilindrične zavojne (sl. 17.6.4) - imaju najširu primenu i to kod: spojnica, ventila motora, uopšte u transportnim sredstvima.
3. teleskopske - za velika opterećenja (kod odbojnika vagona i sl.). Obično imaju konični izgled (sl.17.6.5.)



Slika 17.6.4.: Cilindrična zavojna opruga

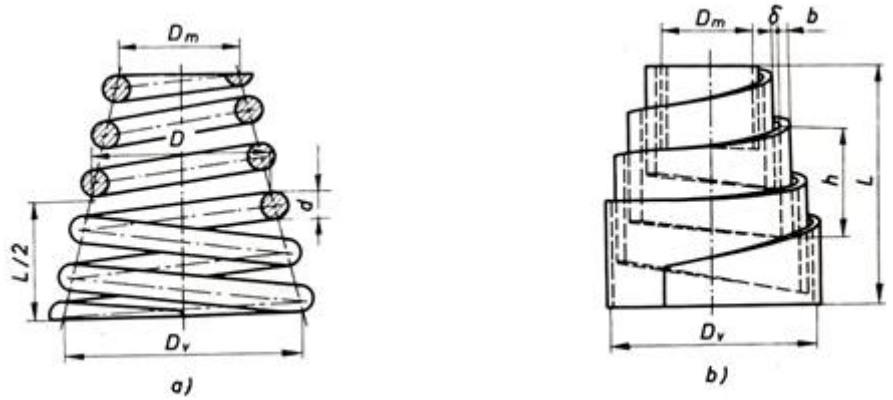
Zavisnost sile i deformacije cilindričnih torzionih zavojnih opruga je pravolinijska, a veza izmedju sile i deformacije ako opruga nije prednapregnuta je:

$$f = \frac{F}{c} = \frac{8 \cdot z_a \cdot K^3}{Gd} F; \qquad c = \frac{Gd}{8 \cdot z_a \cdot K^3}; \qquad K = \frac{D}{d}$$

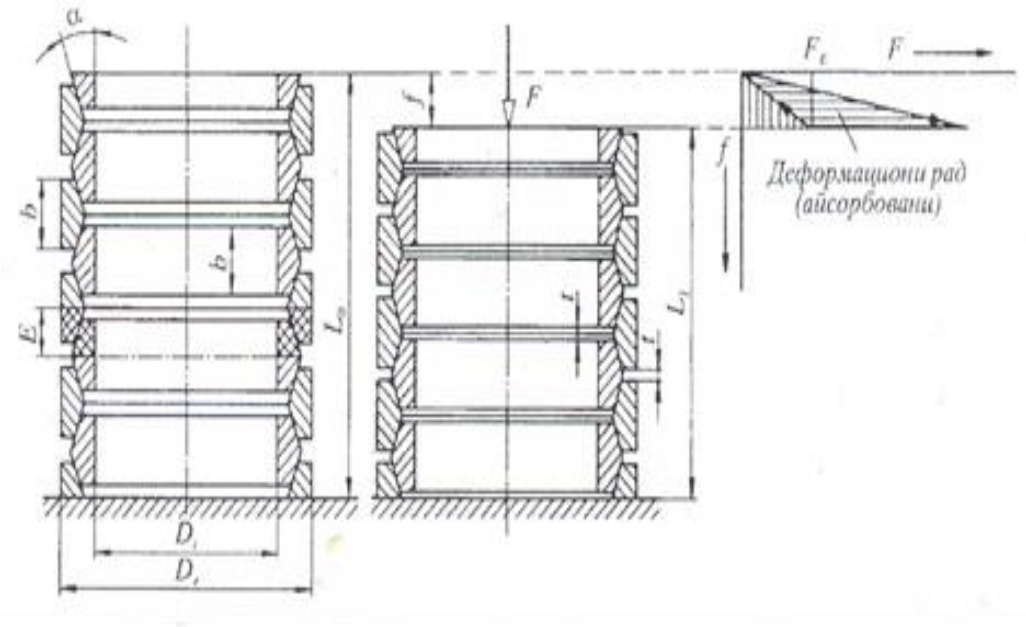
gde je: D – prečnik opruge, d - prečnik žice od koje je opruga izradjena, G-modul klizanja, K- odnos motanja štapa opruge.

Na slici 17.6.5. prikazane su konično zavojne opruge. Ako zavojak manjeg prečnika ulazi u zavojak većeg prečnika, opruga je teleskopska (sl. 5.29b)

Prstenaste opruge (sl.17.6.6.) služe za amortizaciju opterećenja tako što se pod dejstvom sile pritiska spoljašnji prstenovi istežu, a unutrašnji skupljaju. Odlikuju se velikim prigušenjem udarne sile i malim deformacijama pod dejstvom velikih sila. Koriste se za prigušivanje udarnih sila, na primer kod: odbojnika vozila, veze uredjaja za hvatanje tereta i užadi kod nekih dizalično-transportnih mašina i sl.



Slika 17.6.5: Konična zavojna opruga



Slika 17.6.6: Prstenasta opruga

2. Materijal za opruge

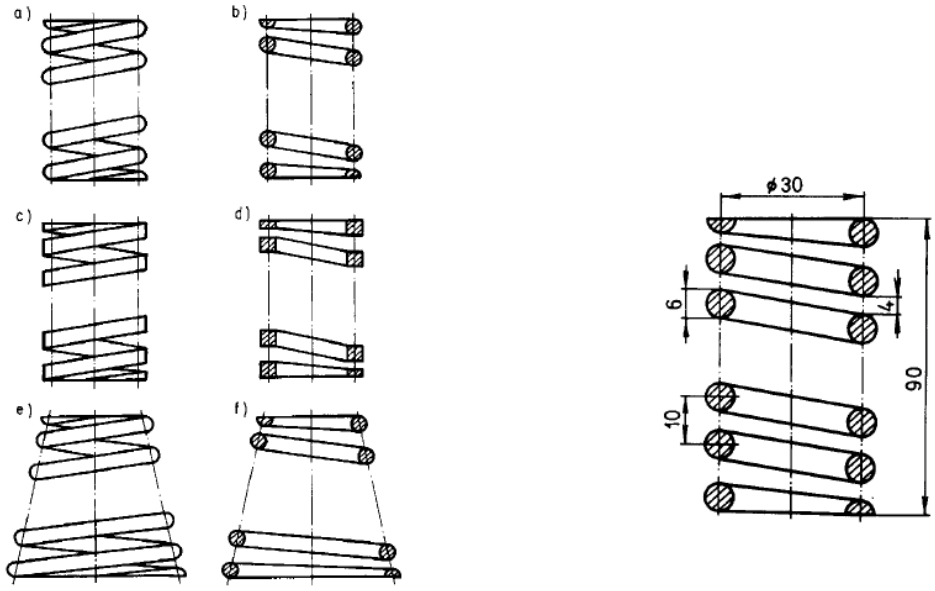
Kao materijali za opruge najčešće se koriste čelici sa velikom elastičnošću i čvrstoćom. To se postiže odgovarajućom mehaničkom, termičkom i termohemijskom obradom uz dodavanje odgovarajućih legirajućih elemenata.
Najčešći materijali su :

- ugljenični čelici za poboljšanje i
- čelici za poboljšanje legirani silicijum, hromom, vanadijumom ili volframom

Opruge većih prečnika oblikuju se u toplom stanju sa naknadnom termičkom obradom koja se sastoji od kaljenja na temepraturi 800-850ºC u ulju ili vodi sa otpuštanjem na 300-400º C. Kao mehanička površinska obrada koristi se sačmarenje čeličnim kuglicama. Opruge manjih dimenzija oblikuju se na hladno.

3. Crtanje opruga

Opruge se crtaju uglavnom sa skraćenim pogledom, ali bez označavanja tog skraćenja. Crtaju se sa i bez preseka zavisno od toga da li se želi prikazati poprečni presek žice (sl.17.6.7.)



Slika 17.6.7. Način kotiranja opruge prikazan je na sl. 3

17.7. NERAZDVOJIVI SPOJEVI

Dok se razdvojivi spojevi po potrebi mogu razdvojiti i ponovo spojiti bez oštećenja delova koji se spajaju, nerazdvojivi spojevi to ne dopuštaju ili bar ne sa lakoćom kao razdvojivi.

Postoji mnogo načina za ostvarivanje takvih veza, meñu kojima su:

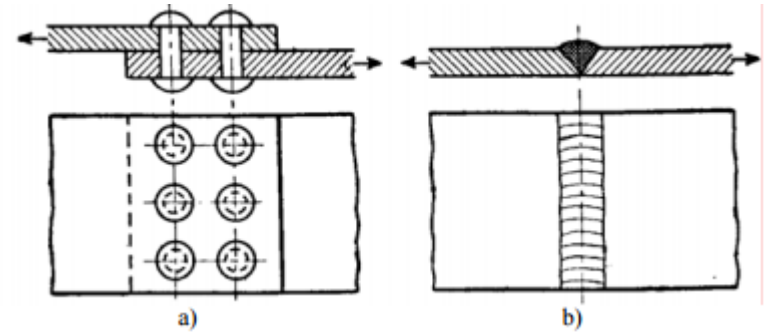
- zavarivanje;
- lemljenje;
- lepljenje;
- zakivanje;
- presovanje i td.

17.8. ZAVARIVANJE

Zavarivanje je proces izrade nerazdvojivog spoja uspostavljanjem meñuatomskih veza izmeñu delova koji se zavaruju, pri kome se pojedinačno ili kombinovano koristi toplotna i mehanička energija, a po potrebi i dodatni materijal. Postupci zavarivanja, koji se najčešće koriste u praksi, zasnovani su na lokalnom zagrevanju materijala iznad temperature topljenja, kada zavareni spoj nastaje očvršćavanjem (elektrolučno), ili na lokalnom zagrevanju materi-jala do temperature topljenja, kada zavareni spoj nastaje uz dodatno delovanje pritiska (elektrootporno). Zavarivanjem je moguće spajanje metala sa metalom, nemetala sa nemetalom i metala sa

nemetalom, ali se u praktičnom smislu podrazumeva spajanje metala sa metalom. Zavarivanje je jedan od najvažnijih tehnoloških procesa u savremenoj industriji, posebno u mašinogradnji, građevinarstvu, brodogradnji i procesnoj industriji.

Najčešća primena zavarivanja je za izradu nosećih metalnih konstrukcija spajanjem pojedinih delova – limova i profila, za izradu procesne opreme – posuda i cevovoda pod pritiskom, i za popravku polomljenih ili istrošenih metalnih delova. Izrada odgovornih konstrukcija složenijeg oblika je moguća i zakivanjem i livenjem, ali se primenom zavarivanja ostvaruju višestruke prednosti. Tako se, u odnosu na zakovane konstrukcije, zavarivanjem postiže ušteda u materijalu oko 20%, a u
odnosu na odlivke 20–50%, pri čemu se skraćuje vreme izrade. Prednosti zavarenih spojeva nad zakovanim spojevima u nosećim konstrukcijama mogu da se objasne primerom na sl. 17.8.1. S obzirom na to da se kod zakovanog spoja sila koja deluje u jednom limu preko zakivaka prenosi na drugi lim, jasno je da je kod nosećih spojeva potreban veći broj odgovarajuće raspoređenih zakivaka, što komplikuje njihovu izradu. Osim toga, da bi se ostvarila kvalitetna zakovana veza potreban je
relativno veliki preklop, što povećava masu konstrukcije. Zavareni spoj je stog bolje tehničko rešenje, pod uslovom da je dobro izveden, što nije uvek jednostavno postići.



Slika 17.8.1. Primer a) zakovanog; b) zavarenog spoja

.

1. **Postupci zavrivanja su:**
   - gasno,
   - elektrolučno,
   - pod troskom,
   - plazmom,
   - elektronskim snopom,
   - laserom i sl.

Tabela 17.8.1. Opšta klasifikacija postupaka zavarivanja

1	Elektrolučno zavarivanje	4	Zavarivanje u čvrstom stanju
111	obloženom elektrodom – E	41	ultrazvukom
114	punjenom žicom	42	trenjem
12	pod praškom – EPP	43	kovačko
13	topljivom elektrodnom žicom u zaštiti gasa	44	eksplozijom
131	zaštita u inertnom gasu – MIG	45	difuzijom
135	zaštita u aktivnom gasu – MAG	48	na hladno
14	netopljivom elektrodom u zaštiti gasa	7	Drugi postupci zavarivanja
141	inertni gas – TIG	71	aluminotermitsko
15	plazmom	72	električno pod troskom – EPT
185	magnetno elektrolučno rotirajućim lukom	74	indukciono
2	Elektrootporno zavarivanje	751	laserom
21	tačkasto	76	elektronskim snopom
22	šavno	91	Tvrdo lemljenje
23	bradavičasto	913	u peći
24	sučeono varničenjem	914	uronjavanjem u soli
25	sučeono zbijanjem	916	indukciono
3	Gasno zavarivanje	94	Meko lemljenje
311	oksi-acetilenskim plamenom	97	Zavarivačko lemljenje

Kod elektrolučnog zavarivanja toplota se stvara električnim lukom izmedju elektrode i materijala koji se zavaruje. Može biti u zaštitnoj atmosferi argona (IG oznaka) ili CO2 (AG oznaka) i to sa volframovom (T) - netopljivom i metalnom (M) - topljivom elektrodom, tako da razlikujemo TIG, MIG i MAG postupak.
Zavarivanje se može ostvariti u jednom ili više prolaza.

2. Prednosti zavarivanja

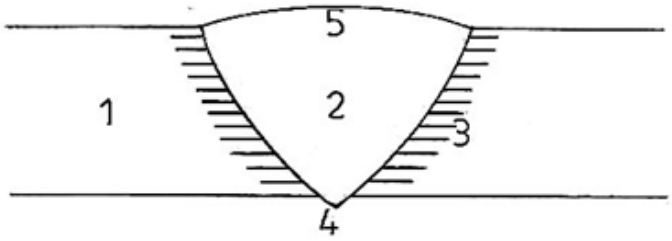
Prednosti zavarivanja u odnosu na druge postupke:

- laka konstrukcija (i do 20% nego kod zakivanja, i do 50% u odnosu na delove dobijene livenjem)
- ekonomičnost - najbolje iskorišćenje poručnog preseka zavarenih elemenata uz uštedu materijala
- skraćenje vremena procesa spajanja
- jednostavnost procesa
- mogućnost dobijanja komplikovanih oblika
- veća sigurnost i hermetičnost spoja
- može se koristiti u reparativne svrhe (navarivanje, sečenje)
- smanjuje se buka (prisutna kod zakivanja)

3. Elementi vara

Elementi vara prikazani su na slici 17.8.2. to su:

1. osnovni materijal
2. šav - nastao mešanjem osnovnog i dodatnog materijala
3. zona uticaja toplote (ZUT) - osnovni materijal koji je hladjenjem pretrpeo strukturne promene
4. koren šava - kod više prolaza prvo se uradi
5. granica šava - dokle ide poslednji prolaz



Slika 17.8.2. Elementi vara

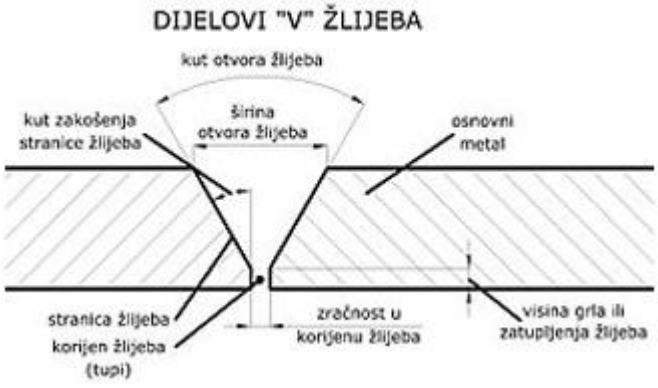
Raspodela napona je neravnomerna i različita u svakom od pravaca iz korena šava gde su naponi najveći. Mesto spoja ispituje se na statičku i dinamičku izdržljivost.

4. Priprema materijala za zavarivanje i vrste žljeba i spoja

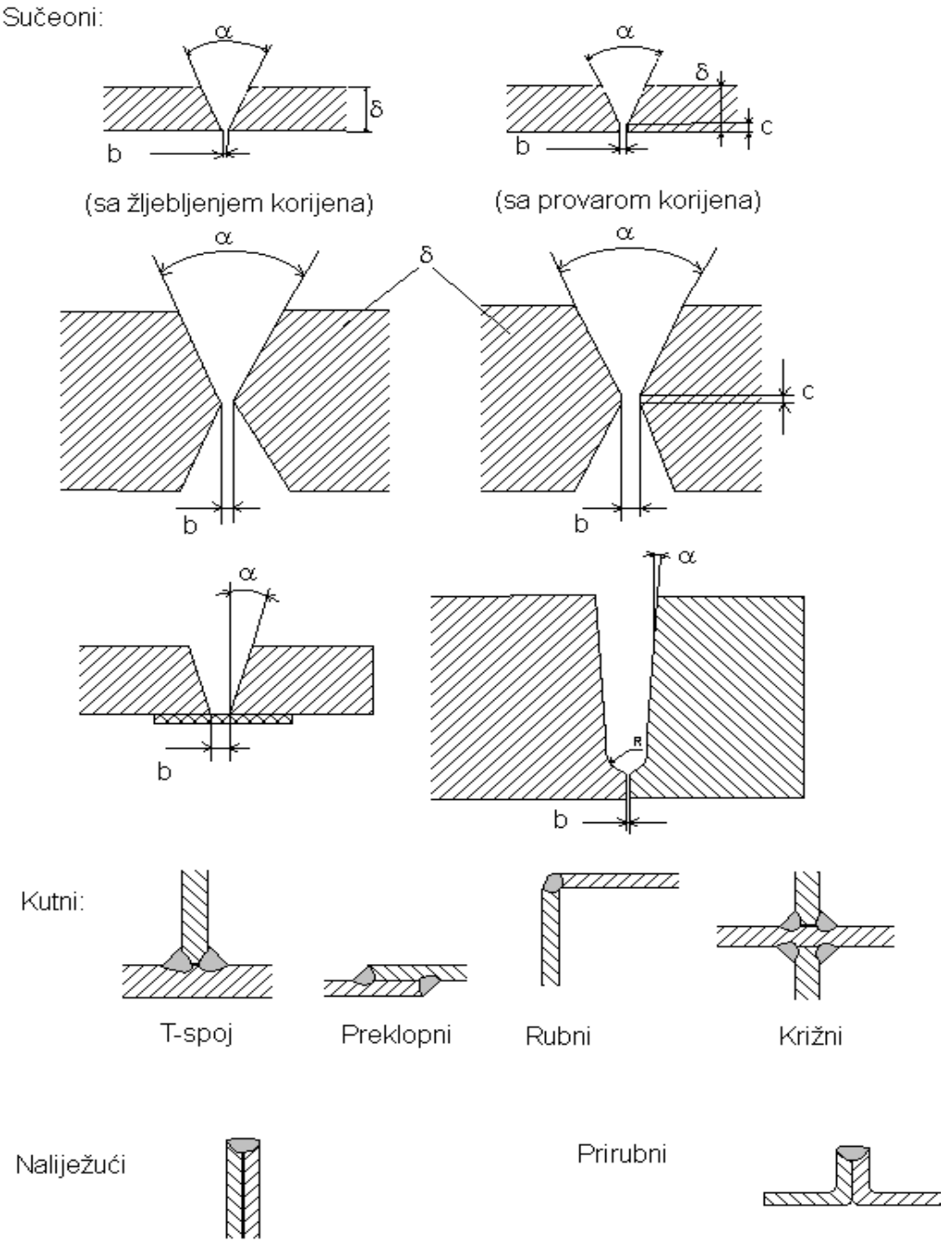
Priprema materijala za varenje vrši se na sledeći način:

- za tanke materijale debljine do 5mm primicanjem na razdaljinu 0,5÷1,5mm
- za deblje materijale izradom žljeba i spajanjem u šav u obliku slova: V, U, X i K.

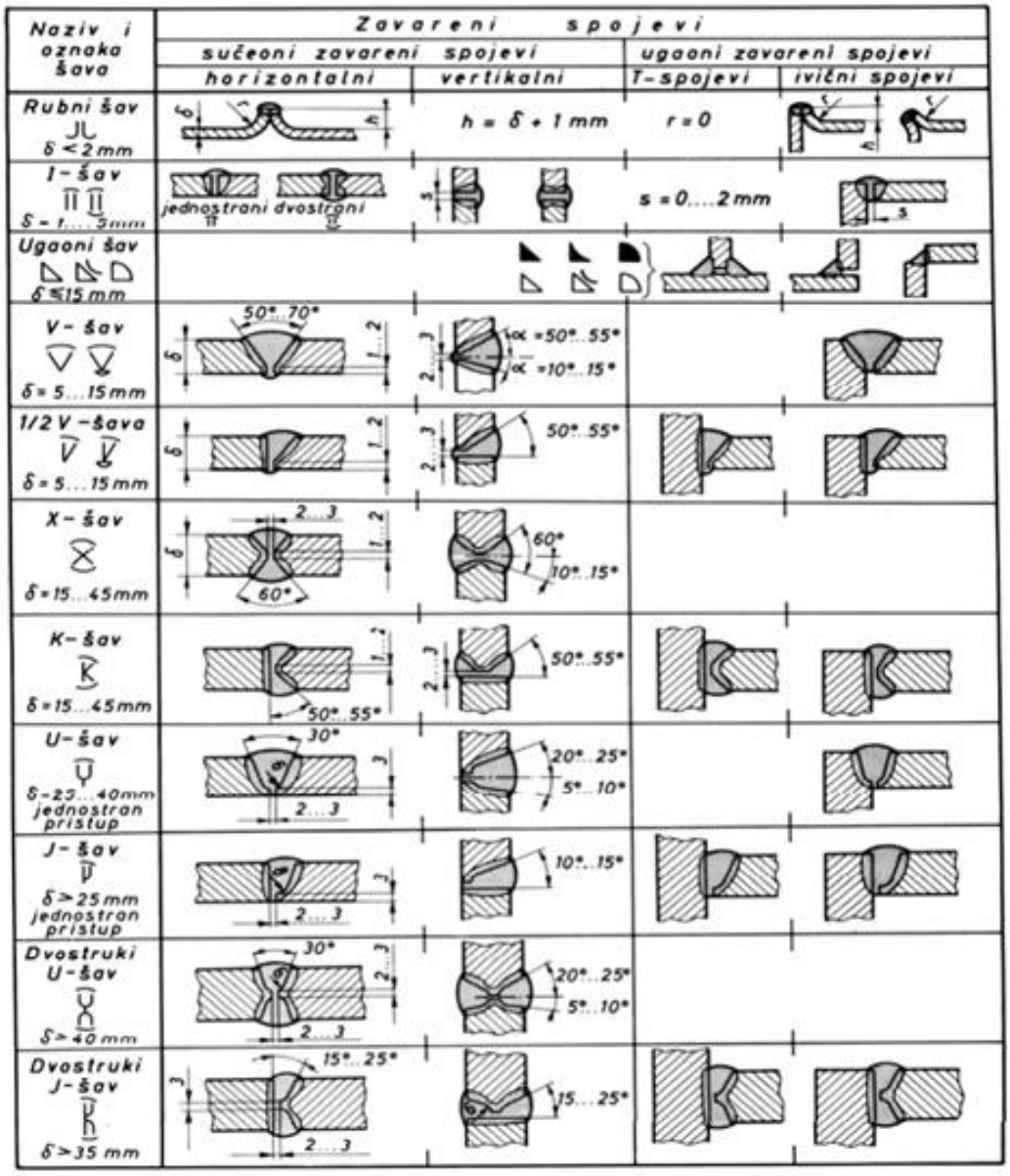
Vrste spojeva koji mogu nastati su: sučeoni, preklopni, ivični, T-spoj, krstasti spoj. Neki od najčešćih vrsta šavova i spojeva su dati na slici 17.8.3.; 17.8.4 i 17.8.5.



Slika 17.8.3 Izgled pripreme V *vara*



Slika 17.8.4. Razni oblici pripreme šava za vara



Slika 17.8.5 Vrste šavova i spojeva

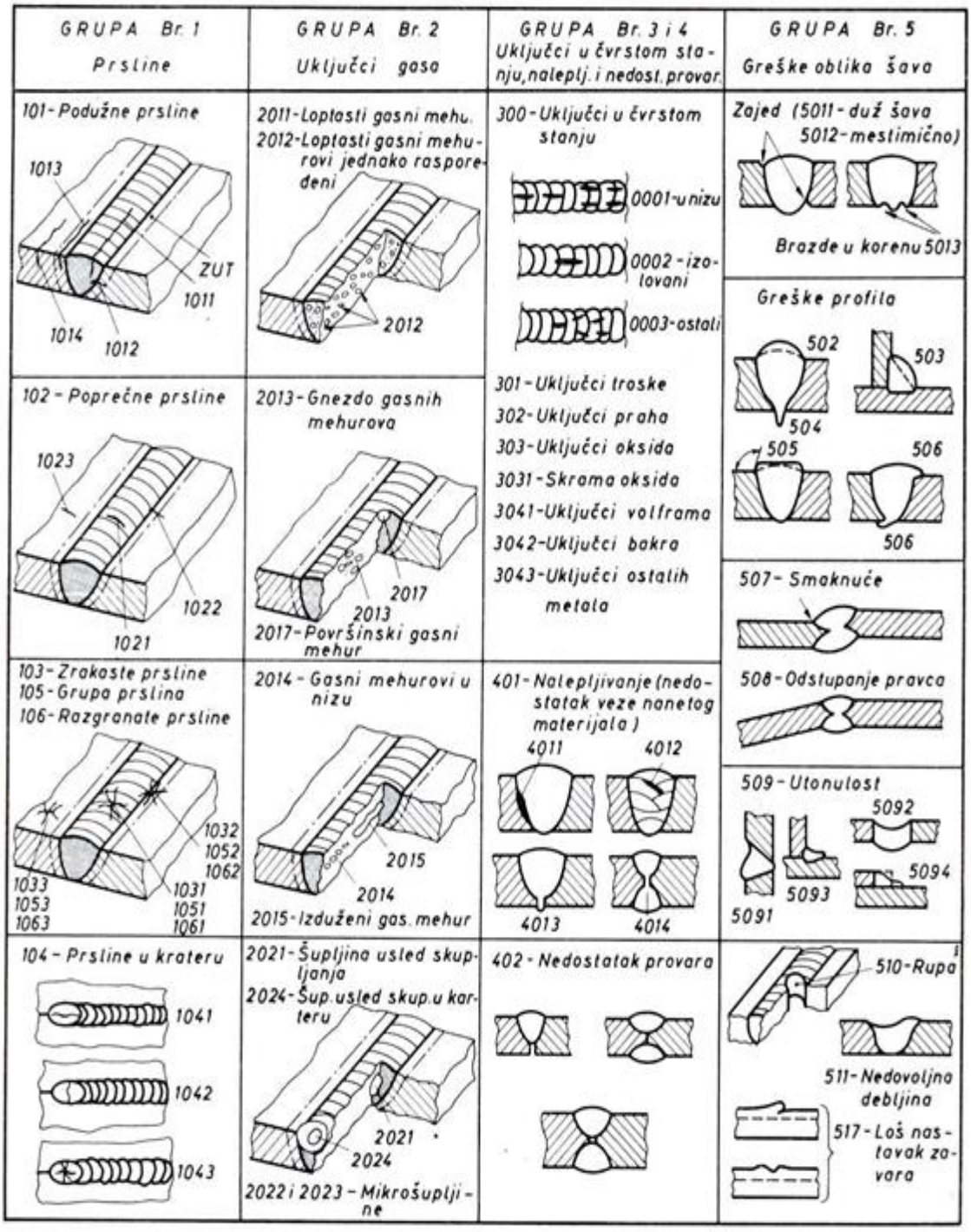
5. Greške u zavarenim spojevima

1. greške vezivanja
    - nevidljive posle zavarivanja

- nastaju usled nedovoljno rastopljenog osnovnog i dodatnog materijala ili njihovog neistovremenog očvršćavanja

2. neprovaren koren
   - pukotina u korenu šava
   - usled lošeg izbora plamenika gorionika
3. prokapljao koren
   - uzet jači plamenik, sa grlom veće širine
4. smaknut var
   - estetska greška, zbog nepažnje
5. nadvišen ili nedovoljno ispunjen var
   - greške estetske prirode, a nedovljno ispunjen var i mesto moguće koncentracije napona.
6. naprsline
   - uzdužne, poprečne, tople i hladne – najopasnije
   - posledica nepravilno izabranog dodatnog materijala.

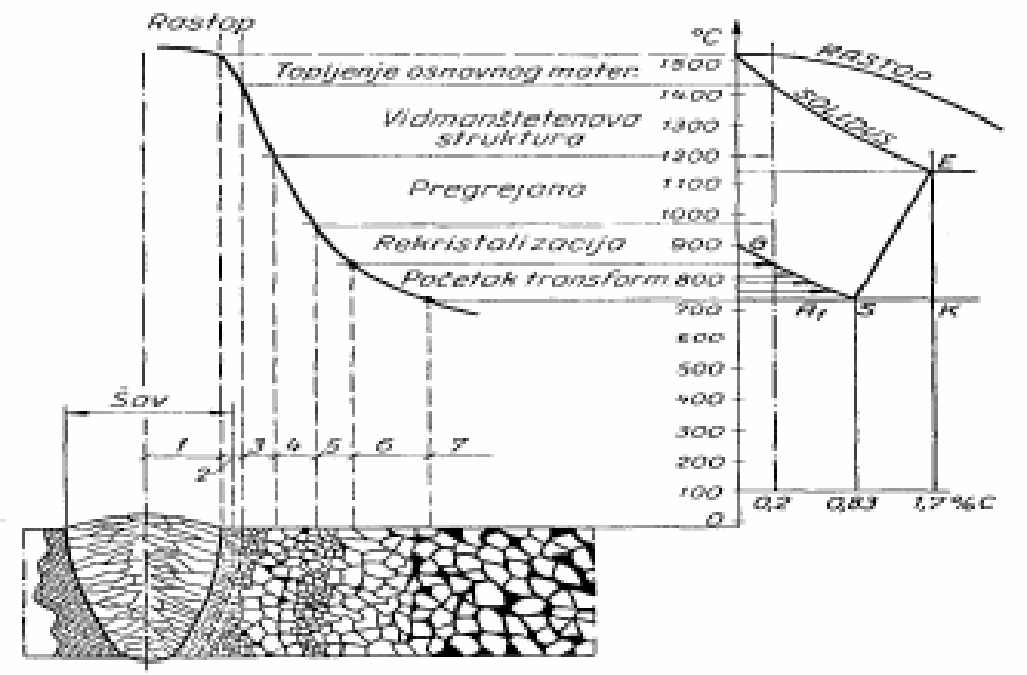
Neke od najčešćih grešaka zavarivanja svrstanih u grupe date su na slici 17.8.6.



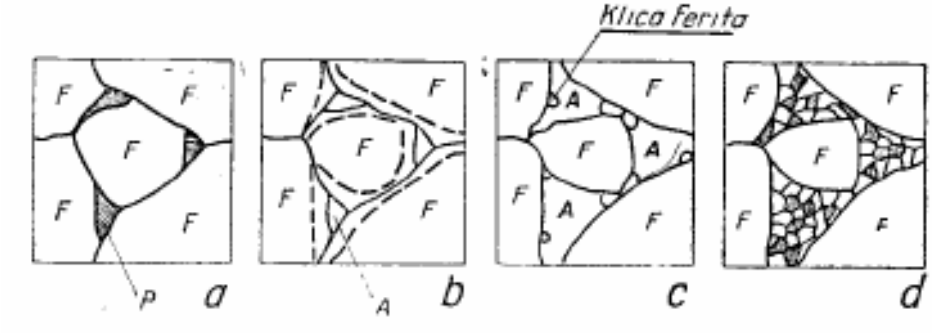
Slika 17.8.6. Greške u zavarenim spojevima

6. Zona uticaja temperature

Usled prethodno opisanih uzroka, jasno je da se osobine materijala menjaju u zonama oko šava, slika 17.8.7. i da su u šavu i oko šava različite od onih u osnovnom materijalu koji nije pretrpeo uticaj toplote zavarivanja.



Slika 17.8.7. - Uticaj zavarivanja na strukturu osnovnog materijala, zone uticaja toplote i materijala sava: makrografija sučeonog zavarenog spoja, koja prikazuje strukture materijala u označenim mestima. Primer čelika sa 0,20% **°C.**



Slika 17.8.8. – Detalji strukturnih promena feritno – perlitnog čelika u toplotnom ciklusu zagrevanja hlañenja do ispod A3

Mehanizam pretvaranja perlita u austenit pri zagrevanju, i razlaganje austenita pri
hlañenju, shematski je prikazano u slici. U slici 17.8.8. dat je isečak sa ostrvcima perlita (P) u feritnoj osnovi (F). Pri zagrevanju iznad AC1 (723°C) perlitna zrna se pretvaraju u austenitna označena sa A u slici 17.8.8..b. Daljim povišenjem temperature nastaje rast austenitnih zrna na račun feritnih, a koncentracija ugljenika u austenitu se smanjuje, težeći ka srednjoj koncentraciji legure. Isprekidana linija u slici 17.8.8.b prikazuje kako austenitna zrna rastu na račun feritnih. U zoni gde
temperatura ne dostiže A3 samo jedan deo ferita se transformuje u austenit. Zrna austenita koja su nastala, veća su od prvobitnih perlitnih zrna, ali je koncentracija izmeñu eutektične i srednje koncentracije legure. Za vreme hlañenja dolazi do stvaranja klica ferita u austenitnim zrnima, obično po granicama zrna, ali mogu biti i unutar zrna (vidi 17.8.8. c). Pri hlañenju i rastu ovih feritnih ostrva, koncentracija
ugljenika u preostalom austenitu raste i kada temperatura padne na 723°C (preostali austenit prelazi u perlit, vidi sliku 17.8.8.d). Kao što se vidi u ovoj oblasti ŽUT, feritna zrna se posle zagrevanja i hlañenja smanjuju, a ostrva perlita postaju veća na taj način što se sastoje iz malih zrnaca ferita i perlita. Heterogenost, o kojoj je ovde bilo reči može se odstraniti takozvanom normalizacijom, tj. zagrevanjem celog komada na temperaturu iznad A3 linije, što u konstruktivnih čelika znači izmeñu 800 i 900°C. Meñutim, to se retko čini zato što su komadi naših konstrukcija obično glomazni, pa nema dovoljno velikih peći. Stoga se mora računati s ovom nehomogenošću kao sa činjenicom. Stepen heterogenosti, pa s tim u vezi i nepovoljnosti zavarenog spoja, zavisi pored unete količine toplote, tj. od vrste zavarivanja i režima zavarivanja, u velikoj meri i od hemijskog sastava osnovnog materijala. Najveću ulogu tu ima ugljenik; zato se
sadržaj ugljenika konstrukcionih čelika ograničava na 0,2 do 0,25%. Ostali elementi koji naginju stvaranju i zadržavanju γ rešetke, snižavanju tačaka transformacije A1 i As, što ima za posledicu sporije razlaganje austenita pri hlañenju, ili drukčije rečeno koji potpomažu zakaljivost čelika su: Mn, Ni i drugi (»gamageni« elementi); zato se njihov sadržaj ograničava. Kao merilo pojave kaljenih struktura (tvrdih, krtih, sa sopstvenim naponima), uzima se tzv. ekvivalent ugljenika. Po engleskim autorima on glasi:

$$CE = C + \frac{Mo}{4} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mn}{8} + \frac{Cu}{13} + \frac{Ni}{15}\ u\ \%$$

Ovaj ekvivalent ugljenika ne treba da preñe izvesnu granicu (0,45 do 0,50) pa da se smatra da je čelik povoljan za zavarene konstrukcije – zavarljiv. Iz ovoga se vidi da je Č 0460 (sa srednjim hemijskim sastavom: C = 0,14%;

Mn = 0,5%; CE = 0,25) neosetljiv prema kaljenju, a Č 0560 (sa C = 0,20%; Mn = 1,5%; C = 0,45) na granici). Sklonost kaljenju zavisi u znatnoj meri i od debljine komada koji se zavaruje; ukoliko je komad deblji odvoñenje toplote je veće, te brzine hlañenja mogu dostići kritične vrednosti, usled čega su i efekti kaljenja veći.

Mogući defekti

- Tople prsline nastaju obično usled visokih sopstvenih napona prilikom hlañenja usled sprečenog skupljanja, kojima izvesne zone segregacije, meñudendritski stikovi ne mogu da odole.
- Hladne prsline šavova verovatno nastaju usled prisustva vodonika u šavu. I »riblje oči« su dokaz prisustva vodonika.
- Pojava prslina ispod zavara, ima kompleksinije uzroke: zakaljivanje ŽUT uz samu liniju topljenja; prisustvo vodonika i visoki sopstveni naponi.
- Poroznost je rezultat zarobljavanja gasova prilikom očvršćivanja. Može imati metalurške uzroke (rede) ili tehnološke – nedovoljna zaštita, upotreba vlažnih elektroda. Na ovo treba obratiti naročitu pažnju pri radu.

7. Statički proračuni

Dozvoljeni naponi,

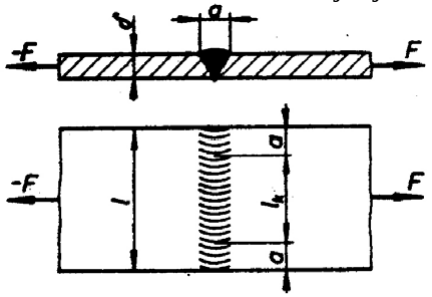
$$\sigma_d = \zeta_z \cdot \sigma_{dO}$$

$$\tau_d = \zeta_z \cdot \tau_{dO}$$

Faktor zavarivanja - ξz,

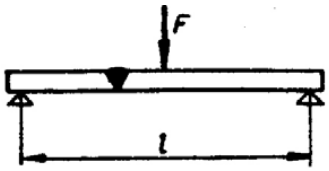
- čeono 0.65 – 0.90, može i 1 za odlično zavarene
- ugaono 0.60 - 0.70,
- preklopno 0.60

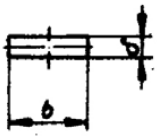
Veće vrednosti za pritisak, srednje istezanje i savijanje, najmanje za torziju. Slika 17.8.9. prikazan prikazuje čeoni sastavak opterećen na istezanje, slika 17.8.10. a i b na savijanje.



Istezanje: $\sigma = \dfrac{F}{\delta \cdot l_k}$

Slika 178.9. Čeoni sastavak opterećen na istezanje

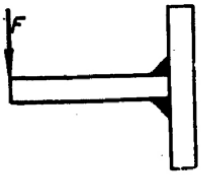


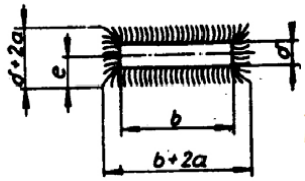


Savijanje: $\sigma = \frac{M}{W_z}$

$$W_z = \frac{(b-2a)\cdot \delta^2}{6}$$

a) Čeoni sastavk opterećen na savijanje



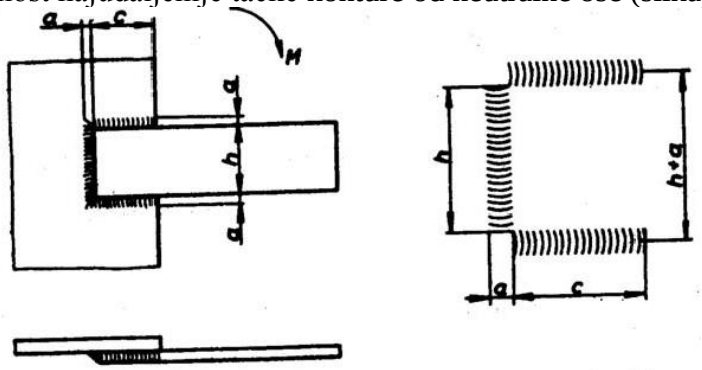


$$W_z = \frac{I_1 - I_2}{e}$$

b) Ugaoni sastavak opterećen na savijanje

Slika 17. 8.10 Vareni sastavci opterećeni na savijanje

I_1 – moment inercije preseka definisanog spoljnom konturom sastavka
I_2 – moment inercije preseka definisanog unutrašnjom konturom sastavka
e – udaljenost najudaljenije tačke konture od neutralne ose (slika)



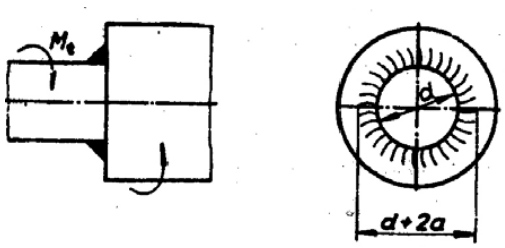
Slika 17.8.11. Preklopno zavreni sastavak opterećen momentom M

Maksimalni moment koji može da prenese spoj, prema slici:

$$M = M_1 + M_2$$

$$M_1 = a \cdot c \cdot (h + a) \cdot \tau_d$$

$$M_2 = \frac{h^2 \cdot a}{6} \cdot \tau_d$$



Slika 17.8.12. Sastavak opterećen na torziju

Uvijanje: $\tau = \frac{M_t}{W_o}$ $\qquad W_0 = \frac{(d+2a)^4 \cdot \pi - d^4 \cdot \pi}{16 \cdot (d+2a)}$

8. Dinamički proračun

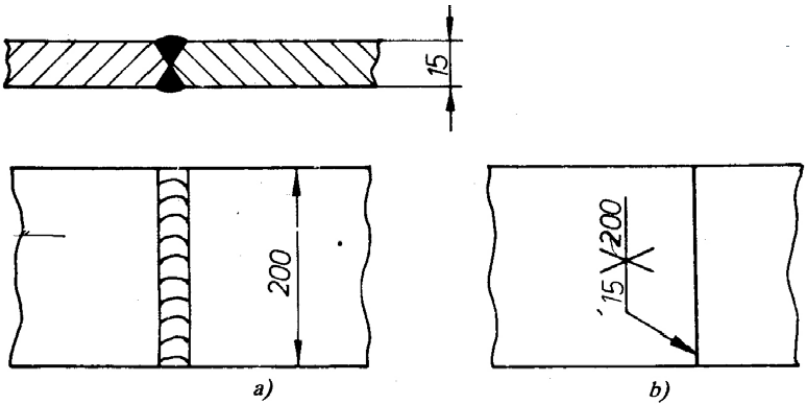
Dinamički stepen sigurnosti zavarenog spoja:

$$S_D = \frac{\prod_{i=1}^{5} \zeta_i \cdot \sigma_A}{\sigma_a}$$

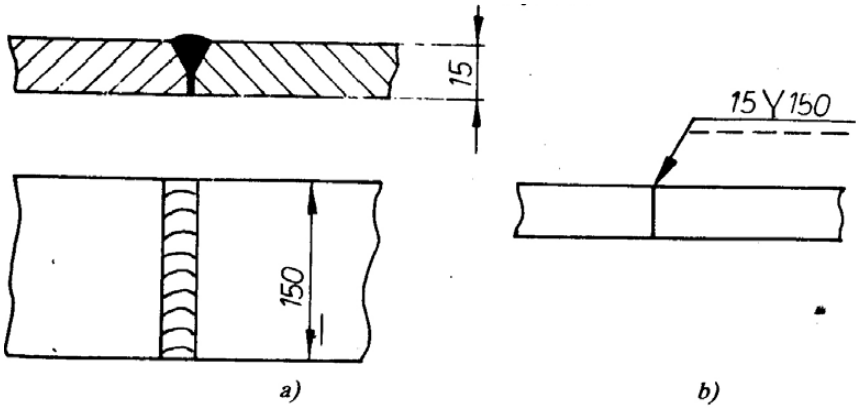
ζ_1 - faktor vrste sastavka i opterećenja,
ζ_2 – faktor klase kvaliteta,
ζ_3 – faktor koncentracije napona (1/βk),
ζ_4 – faktor radnih uslova,
ζ_5 – faktor ostalih uticaja (korozija, povišene temperat. …)

9. Prikazivanje šavaova na crtežu

Na slicu 17.8.13. prikazan je izgled sučeonog vara i način prikazivanja šavova vara na crtežu.



Slika 17.8.13. Prikazivanje šavova na crtežu



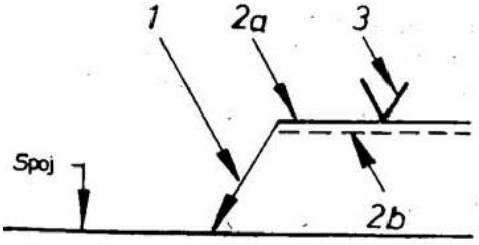
Slika 17.8.13. Prikazivanje šavova na crtežu

10. Oznaka vara na crtežu

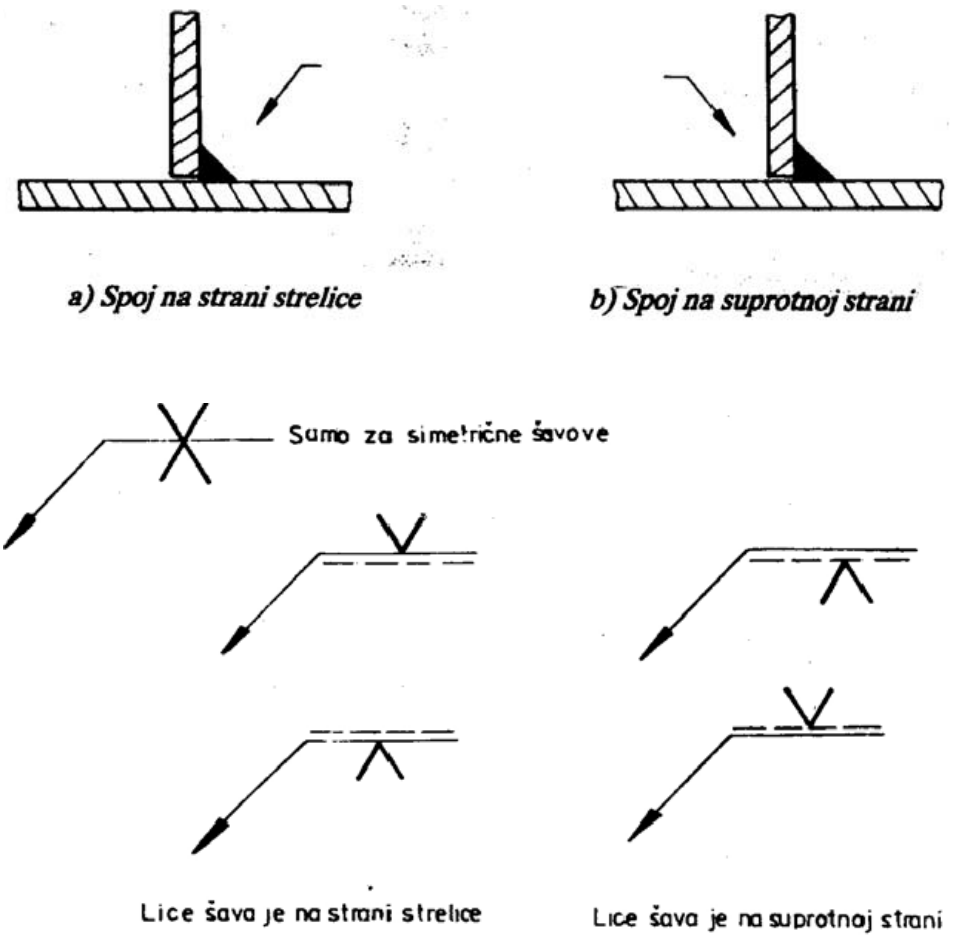
Pored oznake vrste šava (3) osnovni način prikazivanja prema standardu JUS C.T3.011 slika 17. sastoji se od.

- strelice (1) na spoju
- pokazne linije (2) koju čine neprekidna (2a) i isprekidana (2b) linija (na osnovu njihovog međusobnog položaja utvrđuje se dali je lice šava na strani strelice ili na suprotnoj u slučaju simetričnosti šava linija izostavljena)
- oznaka brojne vrijednosti mere

Mesto oznake u odnosu na pokaznu liniju
Oznaka se može nalaziti ispod ili iznad pokazne linije. Kada se oznaka postavi na strani neprekidne linije lice šava je na strani strelice, a a kada je na strani isprekidane pokazne linije lice šava je na suprotnoj strani. slika 17.8.14.



Na slici je:
1 - strelica
2a - neprekidna (referentna) linija
2b - prekidna (identifikaciona) linija
3 - oznaka šav

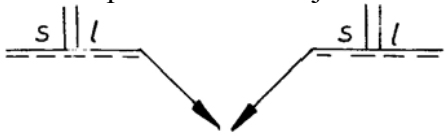


Slika 17.8.14. Oznake vara na crtežu

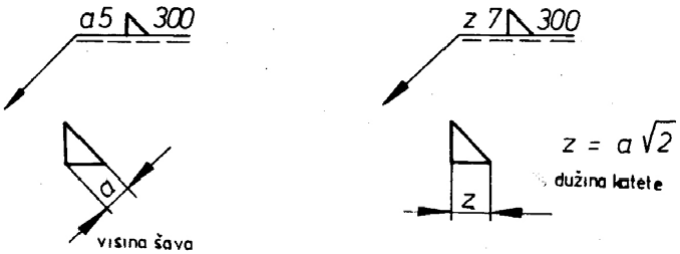
Mere šava

Svaka oznaka za šav mora sadržati brojnu vrijednost mere, slika 17.8.15.. Mere se upisuju na sledeći način.

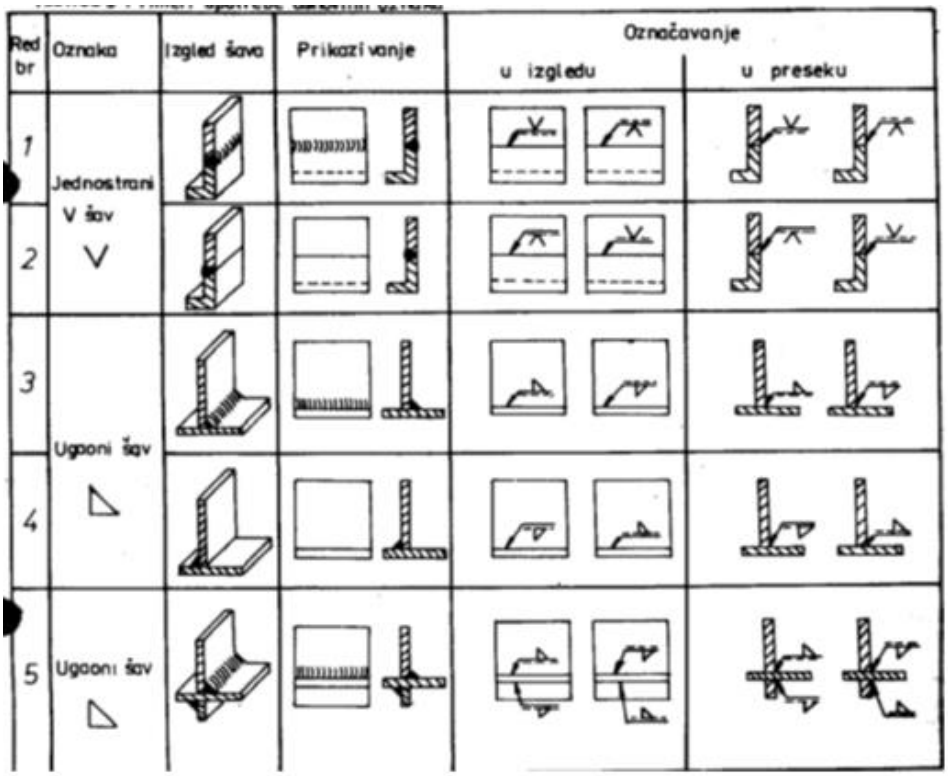
- glavna mera, koja se odnosi na poprečni presek, piše se na levoj strani
- dužina šava i korak piše se na desnoj strani



Slika 17.8.15./a Označavnje veličine šava vara



Slika 17.8.15./b Označavnje veličine šava vara



Slika17.8.16. Primeri upotrebe osnovnih oznaka šava vara

17.9. ZAKIVCI

Zakivanje predstavlja najstariji način spajanja delova, prvenstveno limova. Služe za ostvarivanje:Veze zakovicama su nepokretne, nerazdvojive veze limova, traka, profilisanih štapova i drugih mašinskih delova relativno male debljine. Te veze se ostvaruju posredstvom posebnih elemenata za spajanje zakovica (zakivaka). Zakovice svoj konačni oblik dobijaju

plastičnim deformisanjem pri formiranju veze zakivanjem. Rastavljanje zakovane veze moguće je samo razaranjem zakovica dok vezani delovi ostaju neoštećeni.

Zakovane veze predstavljale su ranije osnovni vid nerazdvojivih veza mašinskih delova u obliku limova i profila a zakovice - jedan od najvažnijih mašinskih elemenata. U novije vreme, zahvaljujući razvoju zavarivanja, zakovane veze su izgubile ovaj svoj značaj. One su skoro potpuno potisnute u gradnji sudova pod pritiskom, a u čeličnim konstrukcijama primena im je ograničena na montažne veze. Izuzetno, za čelične konstrukcije stubova velike visine i za veze izložene udarima ili oscilatornim

opterećenjima, zakovice imaju još znatnih prednosti (zbog elastičnosti) u odnosu na zavarene veze. U oblasti veza limova i profila od lakih metala, zakovane veze predstavljaju osnovni vid nerazdvojivih veza, zbog teškoća koje se javljaju pri zavarivanju ovih materijala.

Zakovica (zakivak) je mašinski deo sastavljen od trupa u obliku kružnog cilindra i proširenja: na jednorn kraju - prvobitna glava nezakovane zakavice, na drugom kraju - završna glava zakovane zakovice.

Oblik i dimenzije zakovica su standardizovane.

Kao što je predhodno navedeno, zakovani spojevi su nekada bili osnovni vid spajanja. Danas su ostali osnovni vid čvrstog spajanja nekih lakih legura (duralminijum), kao i u avioindustriji.

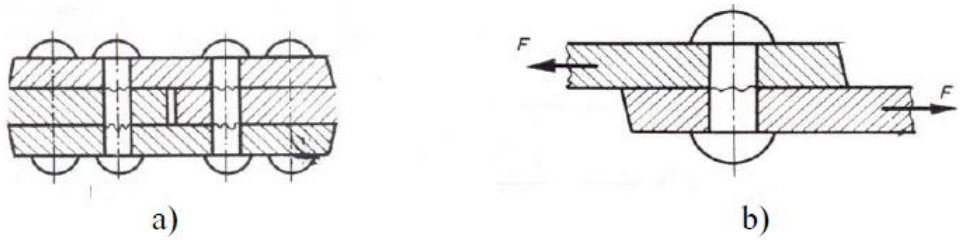
Delimo ih na sitne (sa prečnikom do 10 mm) i krupne (sa prečnikom od 10 do 37 mm

1. **Podjela zakovanih spojeva:**

Zakovice se najčešće izrađuju od materijala istog ili sličnog sastava kao i dijelovi koji se njima spajaju.

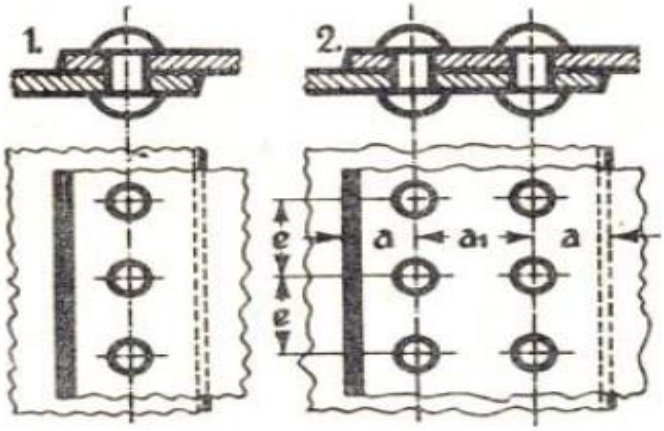
Zakovani spojevi mogu se podjeliti na više načina i to:

1. Prema položaju limova slika 17.9.1.:
    - sa preklopom i
    - sa podmetačem.



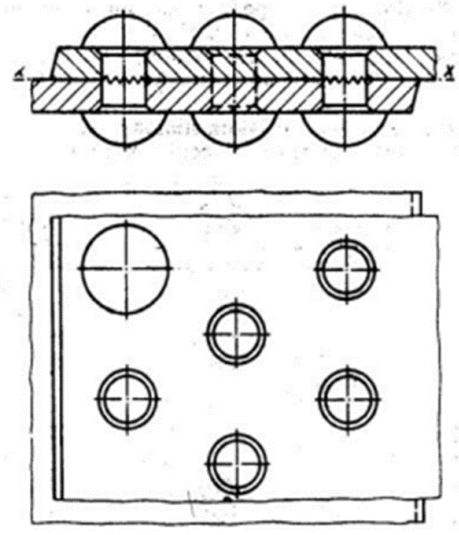
Slika 17.9.1.: Način spajanja: a) sučeoni, b)preklopni spoj

2. Prema broju i rasporedu redova zakovica sl.17.9.2.:
    - jednoredni,
    - dvoredni,
    - troredni i višeredni spojevi.

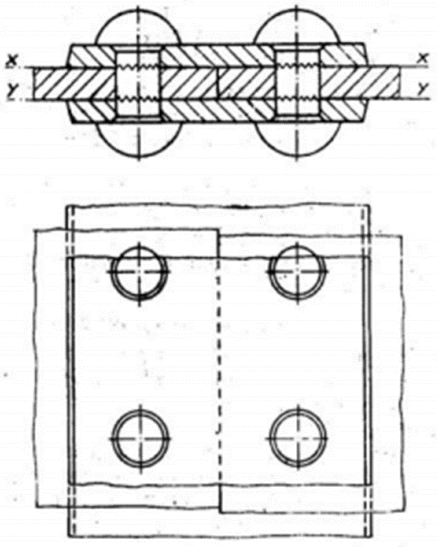


Slika 17.9.2.: Prikaz: 1.jednorednih i 2.dvorednih zakovica

3. prema broju ravni smicanja sl.17.9.3.:
    - jednosječni,
    - dvosječni i
    - višesječni spojevi.



Sl. 5.2 — Jednosečeni troredni preklopni sastavak sa naizmeničnim rasporedom zakivaka



Sl. 5.3 — Dvosečni jednoredni sastavak sa dva podmetača

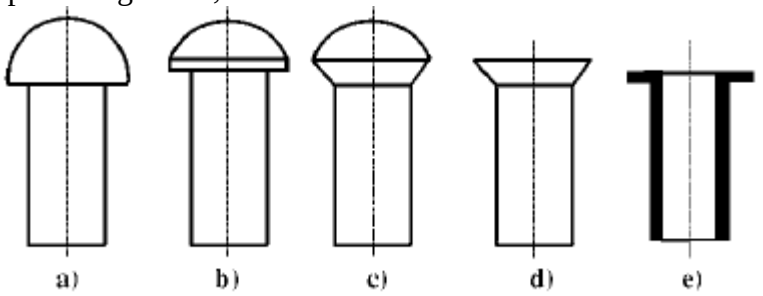
Slika 17.9.3. Izgled zakovanih spojeva i ravni smicanja

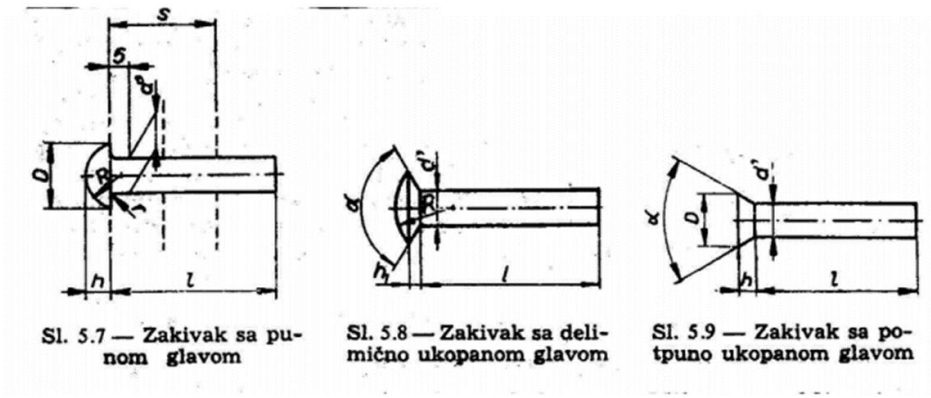
4. Prema namjeni
    - čvrsti,
    - nepropustljivi i
    - čvrsti i nepropustljivi.

2. Vrste zakovica

Prema obliku glave, sitne zakovice mogu biti sa:

- poluokruglom glavom,
- upuštenom glavom,
- sočivastom glavom,
- pljosnatom glavom,
- trapeznom glavom,

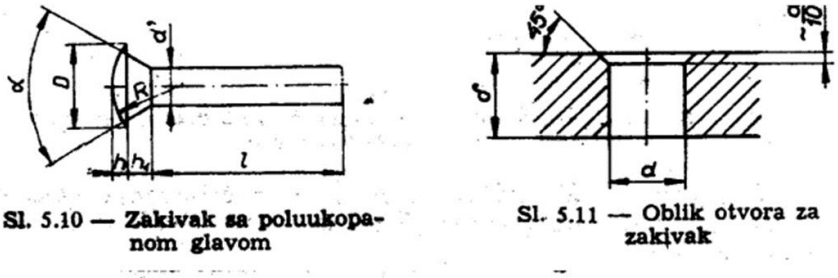




Sl. 5.7 — Zakivak sa punom glavom

Sl. 5.8 — Zakivak sa delimično ukopanom glavom

Sl. 5.9 — Zakivak sa potpuno ukopanom glavom



Sl. 5.10 — Zakivak sa poluukopanom glavom

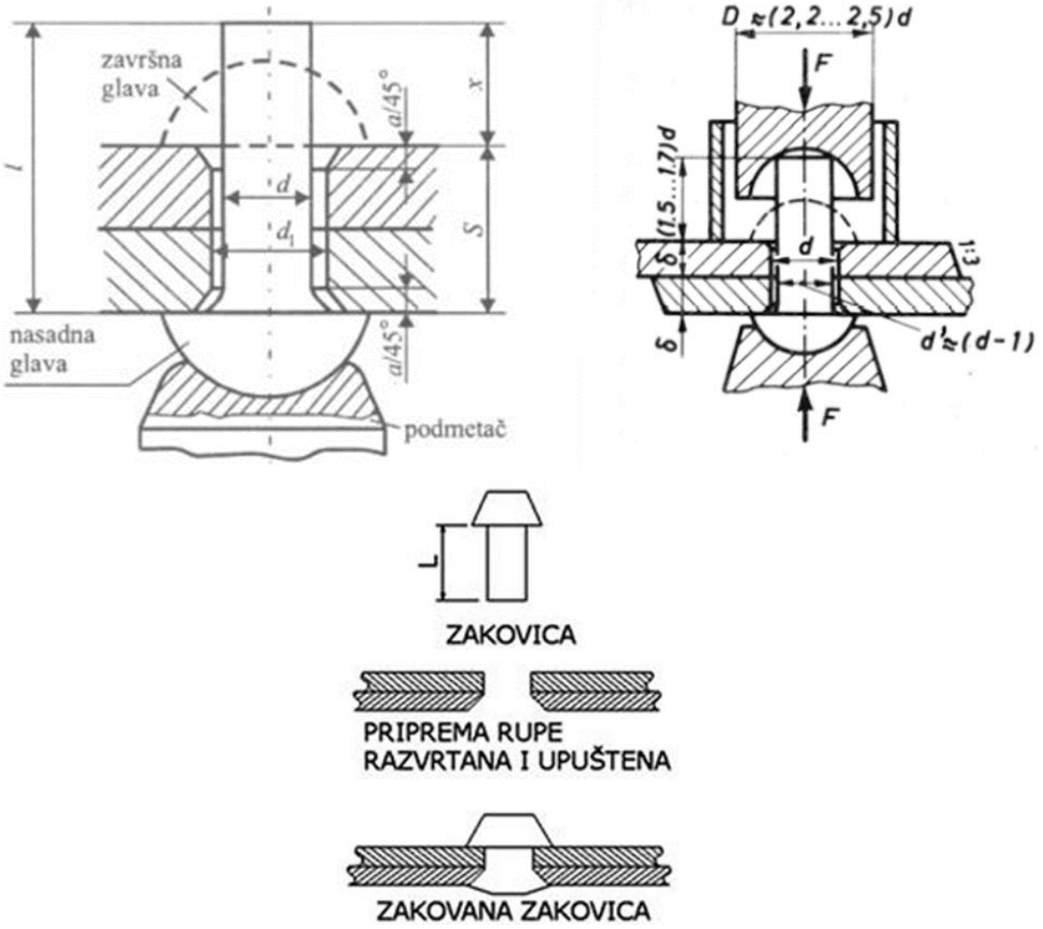
Sl. 5.11 — Oblik otvora za zakivak

Slika 17.9.6. Izgled zakovice sa različitim oblikom glave

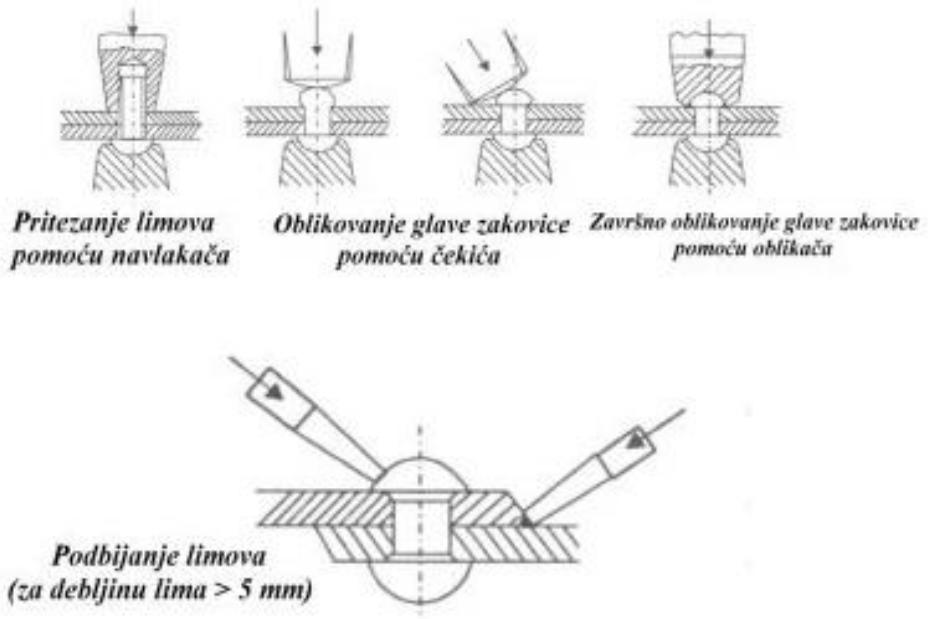
3. Način zakivanja

Zakovica se glavom stavlja u otvor delova koji se spajaju (sastavci), i udarcima se čekića ili pod pritiskom prese formira druga glava (slika 17.9.7.). Novoformirana glava zakovice zajedno sa postojećom steže delove koje spaja i sprečava njihovo relativno pomeranje.

Zakivanje može da se vrši ručno (pomoću čekića, oblikača i podmetača) i mašinski (pomoću hidrauličnih. pneumatskih parnih i električnih uređaja) i u hladnom i vrućem stanju.



Slika 17.9.7. Postupak zakivanja



Slika 17.9.7. Postupak zakivanja

4. Primena zakivanja

- čvrste mehaničke veze (most, dizalica, ...),hermetičke veze (brod, avion, ...)
- kombinovane veze (kotlovi i drugi spojevi pod pritiskom

Zakivci se pre zakivanja sastoje iz glave i trupa zakivka. Druga glava se oblikuje pri zakivanju. U pogledu načina zakivanja mogu se izdvojiti tri postupka:

- zakivanje u toplom stanju
- zakivanje u hladnom stanju
- zakivanje presovanjem (kod šupljih zakivaka)

Prema funkciji razlikuju se:

- čvrste zakovane veze - osnovni zadatak im je obezbedjenje čvrstoće veze (zakovane veze konstrukcija ad čelika i od lakih metala);
- hermetične zakovane veze - osnovni zadatak im je obezbedjenje hermetičnosti;
- čvrste i hermetične zakovane veze - osnovni zadatak im je obezbedjenje čvrstoće i hermetičnosti (zakovane veze sudova pod pritiskom).

Hladno zakivanje:
za čelične zakovice prečnika d < 10 mm i sve nemetalne zakovice (bakar, mjed, aluminij)
Toplo zakivanje:
za čelične zakovice prečnika d ≥ 10 mm zakovice se prije samog zakivanja ugriju na č 1000 °C



Slika 17.9.8. Prikaz zakovanih kotlovskih limova na lokomotivi

5. Proračunavanje zakovanih spojeva

Kod nenaponske veze (sl. 17.9.9.) sastavci koji su u spoju mogu da klizaju jedan u odnosu na drugi. Primeri za ovakvu vezu su kod: dizalica, mostova, greda, postolja i sl., gde su usled termičkih i mehaničkih opterećenja prisutne izvesne dilatacije što je posebno izraženo kod sastavaka od različitog materijala.
Zakivci su opterećeni na:

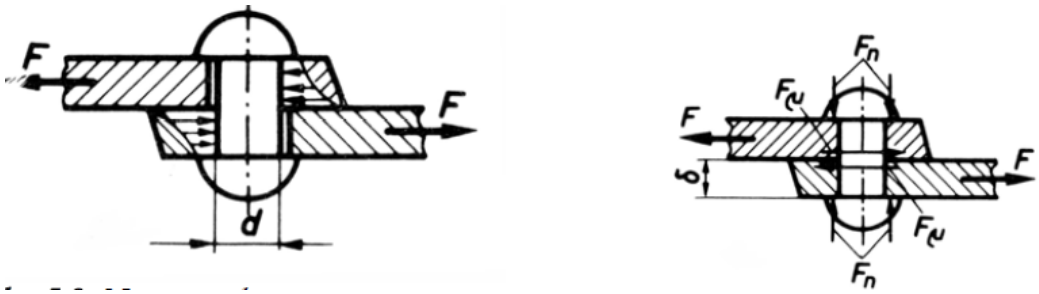
a) smicanje, pri čemu je sila:

$$F = n \cdot i \cdot F_1 = n \cdot i \cdot \tau_{sd} \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

b) površinski pritisak, koji stvara silu:

$$F = n \cdot F_1 = n \cdot p \cdot A_1 = n \cdot p \cdot \delta \cdot d$$

gde su:
n – br. zakovica; i – br. smičućih površina; F_1 – sila po jednoj zakovici; tsd- dozvoljeni napon na smicanje zakovice; d – prečnik zakivka; p – dozvoljeni površinski pritisak; A_1– dodirna površina zakivka i sastavka



Slika 17.9.9.: Nenaponska i naponska veza zakovicom

naponska veza

Kad je spoj ostvaren naponskom vezom (sl.5.4) sastavci ne klizaju već su čvrsto pritisnuti jedan na drugi, pa se sila trenja suprotstavlja poprečnoj sili F, čiji intenzitet iznosi:

$$F = n \cdot i \cdot F_1 = n \cdot i \cdot \mu \cdot \sigma_{zd} \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

gde su:

μ - koeficijent trenja; szd – dozvoljeni napon na istezanje zakivka

Ovim se obezbedjuje nepropusnost spoja (npr. kod rezervoara, sudova pod pritiskom, i sl.).

Na kraju, evo još nekih empirijskih vrednosti koje je potrebno znati prilikom formiranja sastavka.

Prečnik zakovice odredjuje se kao:

$$d = \sqrt{50 \cdot \delta_{\min}} - 2\ (mm)$$

gde je:

δ min (mm) − debljina najtanjeg lima u sastavku

Ovaj prečnik treba standardizovati na prvu veću standardnu vrednost.

Korak zakovica (rastojanje izmedju dve susedne zakovice) biće (sl. 5.2):

$$e = (2 \div 6) \cdot d$$

Odstojanje zakovice od ivice sastavaka koji se spajaju treba da bude minimum (sl. 5.2) :

$$a = (1{,}5 \div 4) \cdot d$$

Razmak izmedju redova (sl. 5.2) :

$$a_1 = (3 \div 6) \cdot d$$

6. Materijal i označavanje zakovica

Materijal za zakovice treba da bude sličnog sastava kao i spojeni delovi, zbog približno istih toplotnih dilatacija i zbog eleminisanja pojave elektro-erozije u kojoj se razgradjuje »slabiji« materijal, bilo zakovica ili sastavak

.Najčešće se koristi čelik za zakovice (dat u standardu SRPS C.B0.506), a takodje je moguće koristiti bakar, mesing i Al-legure koji se primenjuju kod konstrukcija male mase.
Označavaju se nazivnim prečnikom (d), dužinom (l), standardom kome pripadaju i materijalom. Na primer za: d=15mm, l=50mm, i od čelika za zakovice ČZ340 oznaka je: ø15x50 –SRPS M.B3.021 - ČZ340.

17.10. SPAJANJE LEMLJENJEM

Lemljenje je postupak spajanja pretežno metalnih delova sa dodatkom rastopljene legure kao veziva. Za razliku od zavarivanja koje je isto tako termički postupak, ovde se radi o temeperaturama koje su znatno niže od tačke topljenja materijala koji se spajaju. U odnosu na zavarivanje prednost postupka lemljenja je u tome da se mogu spajati i metali različite vrste, a nakon spajanja nema zaostalih naprezanja kao kod zavarivanja, ili ne u tolikoj meri. Izuzetak su lemljeni spojevi dva materijala s velikom razlikom koeficijenta toplotnog istezanja. U mane postupka ubrajamo relativno nisku nosivost koja se kod većine lemova vremenski smanjuje, zatim niske dopuštene pogonske temperature (kod mekih lemova), i skuplju tehnologiju (priprema delova pre lemljenja, relativno skupi materijal lema). Iako su u principu svi metalni pa i neki nemetalni materijali zalemljivi kod nekih metalnih materijala postoje teškoće u lemljenju (aluminijum, visokolegirani čelici). Lemljenje je kao postupak spajanja delova dosta zastupljeno kao na primer u automobilskoj, ili elektronskoj industriji

1. Vrste i postupci lemljenja

Prema tački topljenja lema (materijala koji se dodaje kao vezivo) lemljenje delimo na tri velike grupe:

- meko lemljenje koje se odvija na temperaturama do oko 450°C;
- tvrdo lemljenje koje se izvodi na temperaturama približno od 450 do 900°C;
- visokotemperaturno lemljenje, na temperaturama od preko 900°C.

Meko lemljenje je postupak spajanja metala pri relativno niskoj tački topljenja lema. Služi najčešce za spajanje čelika, bakra i bakrenih legura. Kao materijali lema koriste se legure olova, kalaja, antimona, cinka i kadmijuma. Za aluminijske materijale upotrebljava se lem od legura cinka, kalaja i kadmijuma.

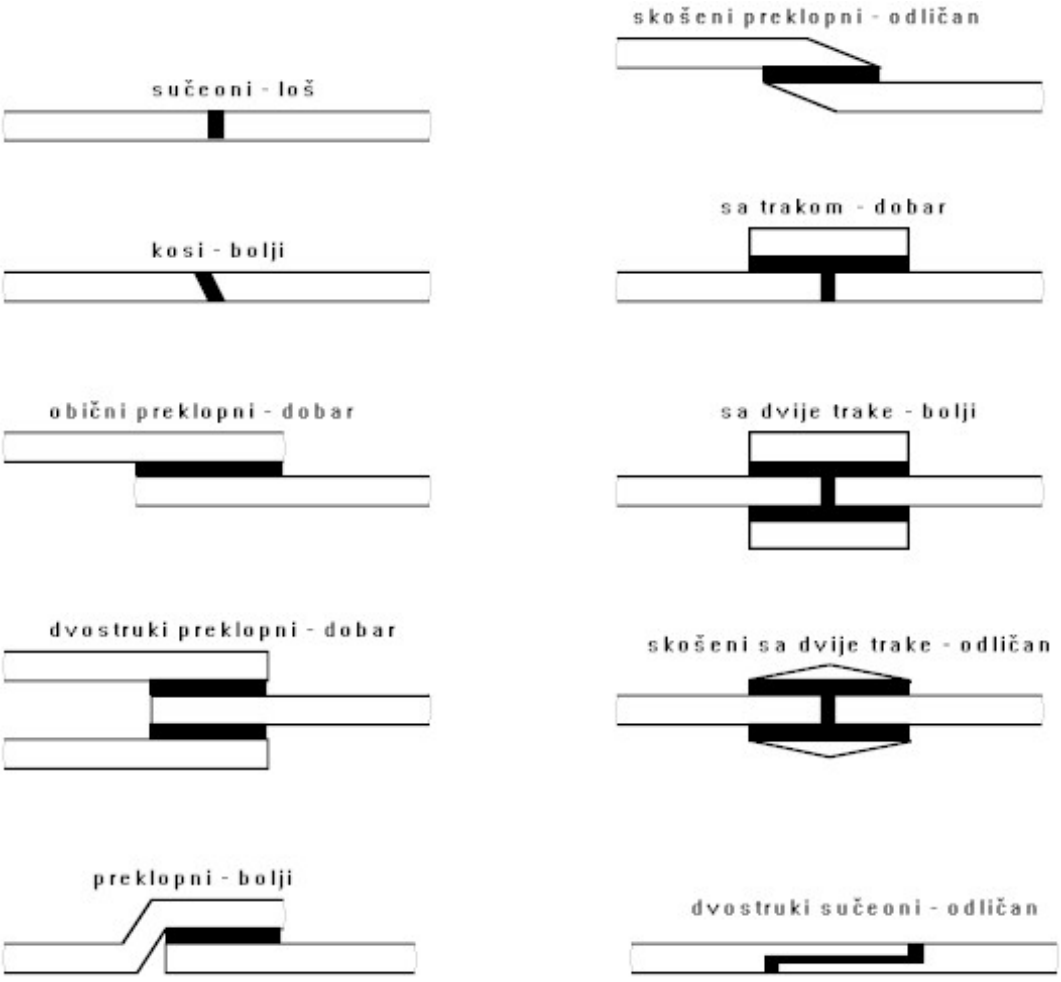
Tvrdo lemljenje se upotrebljava za odgovornije spojeve od mekog jer je nosivist spoja puno veća. Metale koji se leme treba prethodno zagrejati, plamenom ili električnom energijom (većinom elektrootporno). Radi eliminacije metalnih oksida potrebno je površine koje će se lemiti prethodno tretirati sredstvima za dezoksidaciju. Najčešće se koriste sredstva na bazi bora (boraks-Na2B4O710H2O) sa dodatkom florida, fosfata i silikata.

Visokotemperaturno lemljenje se obavlja u vakumu ili u zaštitnoj atmosferi, a služi za lemljenje obično skupljih ili plemenitijih materijala ili kombinacija materijala koji su nezavarivi ili bi se zavarivanjem bitno promenila neka njihova svojstva. Kao lemovi se koriste legure na bazi nikla, kobalta, zlata ili drugih plemenitih metala kao i posebnih legura čije su osnove berilijum, cirkonijum, titan, vanadijum itd.

Na ovaj je način moguće spajati i keramičke materijale na tvrde metale pa opet njih na obične čelike kao što su na primer nosači reznih oštrica alata za skidanje 36 strugotine. Ova tehnologija je vrlo osetljiva na greške u sprovoñenju postupka pa se mora pažljivo raditi. Na slici 17.10.1 prikazani su osnovni načini spajanja lemljenjem.

Po obliku spojeva lemljenje se deli na:

- Šavno;
- Kapilarno i
- Polemljivanje površina.



Slika 17.10.1. Način spoja lemljenjem

Šavno lemljenje se po obliku ne razlikuje od zavarivanja topljenjem. Redovno se izvodi kao tvrdo lemljenje, a oblik šava je takozvani V-oblik, koji se popunjava rastopljenim lemom. Ova se vrsta lemljenja primenjuje relativno retko. Moguće su i druge podele (na primer po izvoru toplote - plameno, elektrootporno, potapanjem i sl.)

Kapilarno lemljenje se izvodi tako da se koristi kapilarni efekat rastopljenog lema. U tom slučaju su adhezione sile izmeñu lema i osnovnog materijala veće nego kohezione sile u samom rastopljenom lemu pa lem biva kapilarno uvučen u uske zazore izmedu delova koji se leme.

Polemljivanje je postupak presvlačenja pretežno metalnih površina materijalom lema u svrhu poboljšavanja svojstava površine pa ne predstavlja postupak spajanja.

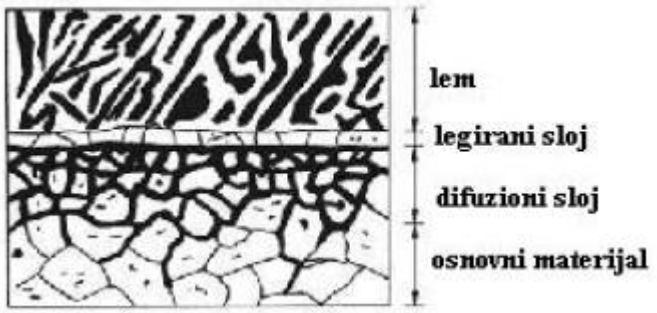
Obzirom na način dovoñenja toplote razlikujemo:

- Plameno lemljenje, gde se toplota dovodi na mesto lemljenja sagorevanjem nekog gasa;
- Lemljenje potapanjem, vrši se tako da se delovi koji se spajaju urone u rastopljeni materijal lema koji onda popunjava spojna mesta. Obično se prethodno raznim premezima zaštite mesta koja se ne leme;
- Lemljenje sa lemilicama se primjenjuje samo za meko lemljenje. Zagrevanje lemilice može biti električnom energijom kao i sa gasom;
- Lemljenje u pećima se vrši tako da se u pripremljena spojna mesta stavlja materijal lema a onda se spoj zagreva na temperaturu topljenja lema u nekoj peći. Sve ovo se može raditi u prostoru, što se redovno izvodi kod visokotemperaturnog lemljenja;
- Elektrootporno lemljenje se sprovodi tako da se izmeñu delova koji se leme stavi materijal lema i rastvarača. Zatim se delovi meñusobno pritisnu nekom silom spoljnim elektrodama uz istovremeno dovoñenje električne energije. Tada dolazi do topljenja materijala lema. Naravno oba dela koji se leme moraju biti elektro provodljiva;
- Induktivno lemljenje se za sve vrste lemljenja vrši obično u zaštićenom prostoru. Zagrevanje se vrši u indukcionim pećima pomoću čega se indukuje struja u materijalu lema;
- Lemljenje svetlosnim snopom se izvodi tako da se svetlosni snop fokusira a absorpcijom energije se greje materijal lema. Spada u specijalne postupke lemljenja a vrši se u vakuumu ili u zatvorenom prostoru i to za tvrdo
  lemljenje;
- Lasersko lemljenje se izvodi laserskim snopom a služi za tvrdo lemljenje ili za visokotemperaturno lemljenje. Izvodi se u vakuumu ili u zatvorenom prostoru.

2. Princip lemljenja

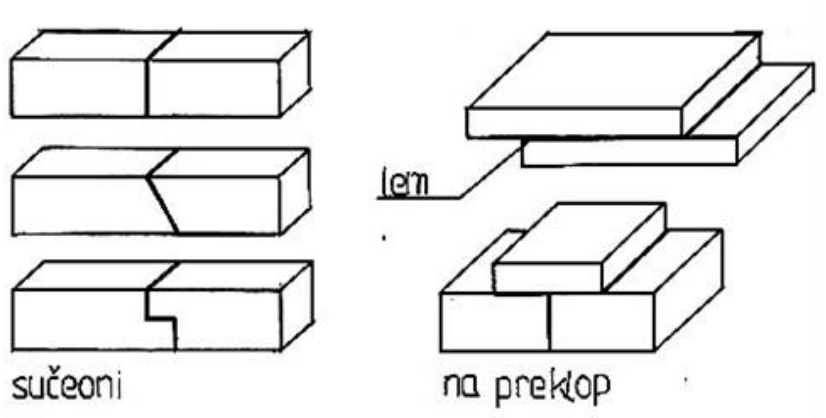
Spajanje lemljenjem se temelji na adhezionim vezama lema i osnovnog materijala. Adhezione sile nastaju na nivou atoma. Pritom rastopljeni lem i osnovni materijal izmenjuju meñusobno atome čime dolazi do difuzije odnosno do legiranja.Veličina difuzijskog sloja je od nekoliko

mikrometara do oko jednog milimetra pa je zato važno da površina osnovnog materijala bude glatka i što čistija pogotovu od oksida, slika 17.10.1.



Slika 17.10.2. . Prikaz strukture zalemljenog spoja

Pre lemljenja površine mogu biti pokrivene oksidom ili masnoćom. Moraju se dobro očistiti da bi se obezbedilo dobro kvašenje i adhezija lema i osnovnog materijala koji se spaja. Masnoće se uklanjaju organskim rastvaračima (benzin, špiritus); dok se oksidi mogu uklanjati: mehanički (žičana četka, turpija, brusni papir), hemijski (kiseline, baze, soli) i elektrohemijski (galvanskim postupkom). Na slici 17.10.3 prikazan je priprema sučeonog sučeonog i na preklop spoja za lemljenje.



Slika 17.10.3.: Način pripreme dijelova za lemljenje

-

Lemovi i topitelji

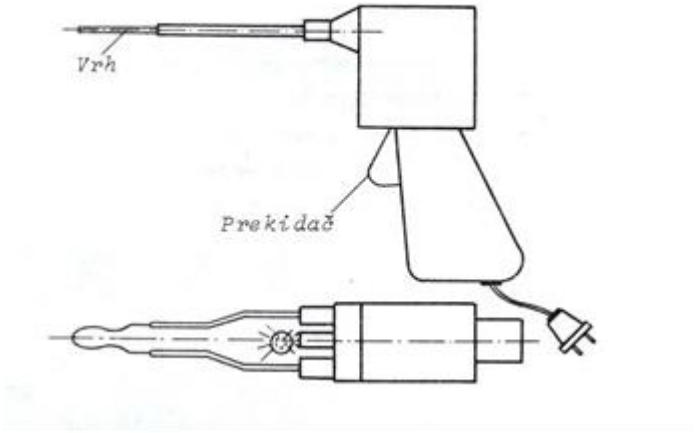
Prema načinu lemljenja lemovi se dele na meke i tvrde, odnosno na lako topljive i teško topljive, zavisno od toga da li im je temperatura topljenja ispod 4500C ili iznad ove temperature.

Meki lemovi su legure lakotopljivih metala najčešće kalaja (Sn) i olova (Pb) sa malim dodatkom antimona (Sb). Legure za meko lemljenje mogu

da sadrže još: bizmut (Bi), kadmijum (Cd) i cink (Zn). Glavna odlika bizmuta je da lemu snižava temperaturu topljenja. Tako, na primer, legura poznata kao Vudov-metal sastoji se iz: Bi (50%), Pb (25%), Sn (12,5%) i Cd (12,5%) ima temperaturu topljenja svega 60,50 C. Kao topitelj primenjuje se sona kiselina (HC_l), cinkhlorid (ZnCl2), ili mešavina cinkhlorida sa amonijum-hloridom (nišadorom) NH4Cl, ili pasta čiji je glavni sastojak vazelin (77%). Za tvrdo lemljenje se kao lemovi primenjuju čist bakar (Cu), legure bakra i cinka (Cu- Zn), legure bakra i nikla (Cu-Ni), kao i legure bakra sa srebrom (Cu-Ag). Legura Cu-Zn (mesing) najviše se primenjuje kod tvrdog lemljenja. Kad se od lemljenog spoja traži velika jačina, kao lem se leguri Cu-Zn dodaju: kalaj (Sn), silicijum (Si), nikal (Ni) i mangan (Mn). Kao topitelj uglavnom se koristi boraks ($Na_2B_4O_7$• 10 H_2O) ili borna kiselina H_3BO_3.

3. Postupci lemljenja

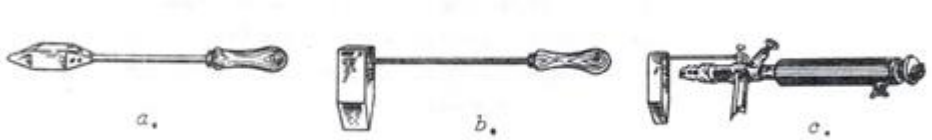
1. Lemljenje mehaničkom lemilicom koje može biti sa povremenim ili sa stalnim zagrevanjem lemilice. Kao lemilo sa stalnim zagrevanjem najčešće se koristi lemilica sa sopstvenim izvorom toplote, poznatija kao električna lemilica (sl. 17.10.4).



Slika 17.10.4: Električna lemilica

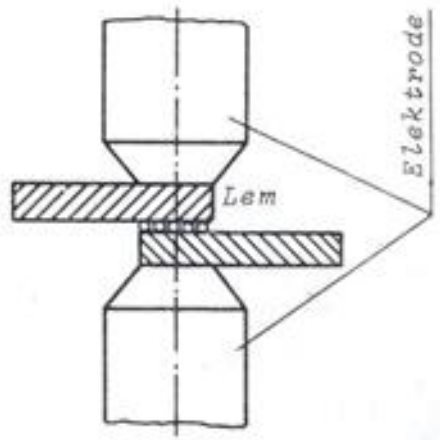
Ona se koristi za lemljenje sitnijih delova mekim lemilima, dok se za lemljenje krupnijih komada koristi mehanička lemilica (sl. 17.10.5.) sa povremenim zagrevanjem. Na vrhu lemilice izradjenom u obliku klina od kovanog bakra, akumulira se dovoljna količina toplote potrebna da zagreje osnovni materijal i istopi lem. Vrh lemilice tj. njen radni deo, može se na

više načina zagrejati i to: sagorevanjem tečnog goriva, gasnim plamenom ili užarenim drvenim ugljem (ćumurom).



Slika 17.10.5. Mehaničke lemilice: obične (a,b), benzinske (c)

2. Gasno lemljenje (gorionikom). Dodatni materijal se topi pomoću plamena usmerenog na dobijenog sagorevanjem smeše acetilena i kiseonika. Na ovaj način leme se: ugljenični i niskolegirani čelici, nerdjajući čelici, legure aluminijuma, bakar i njegove legure i legure magnezijuma. Kao dodatni materijal upotrebljavaju se legure bakra i cinka, a redje i legure bakra sa srebrom. Gasno lemljenje može biti: ručno, delimično mehanizovano ili potpuno mehanizovano.
3. Elektrootporno lemljenje. Pri ovoj vrsti lemljenja osnovni materijal se lokalno zagreva a lem, umetnut izmedju delova koji se spajaju, topi zahvaljujući toploti oslobodjenoj proticanjem električne struje kroz elektrode i osnovni materijal (sl. 17.10.6.).

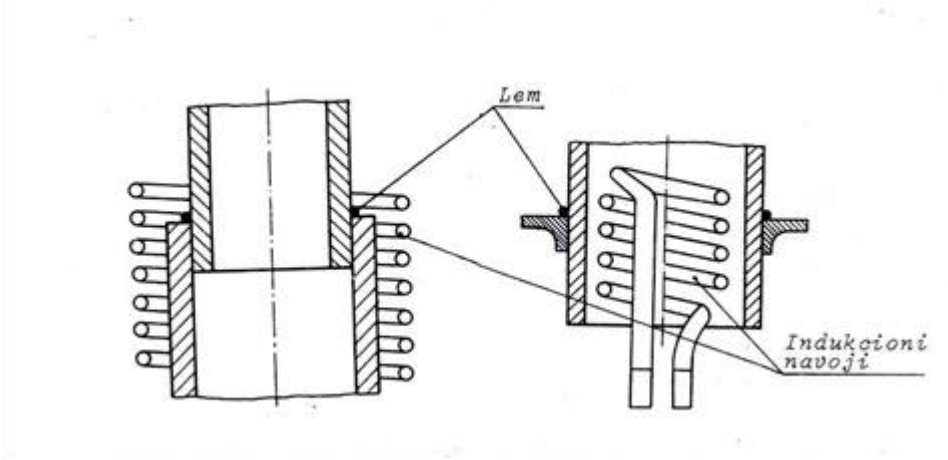


Slika 17.10.6. Elektrootporno lemljenje

Osnovni materijal koji se najčešće spaja elektrootpornim lemljenjem je bakar i njegove legure: bakar-hrom, bronze i olovne bronze.

Elektrootpornim lemljenjem mogu se uspešno spajati i čelični limovi, dok se ovako veoma retko spajaju delovi od nerdjajućeg
čelika, legure nikla i aluminijuma. Primenjuju se klasične ugljene elektrode ili elektrode sa molidbenskim umetkom, jer se time povećava električni otpor elektroda i omogućava lokalno
zagrevanje i topljenje lema bez topljenja osnovnog materijala.

4) Indukciono lemljenje. Ovo lemnjenje sprovodi se lokalnim zagrevanjem ivica delova koji se leme pomoću električne energije prenete indukcijom. Energija se na ivice osnovnog materijala prenosi sa induktora (bakarne cevi hladjene vodom) koji se sastoje od jednog ili više radnih namotaja. Najveći deo toplote skoncentrisan je na tankom površinskom sloju u blizini induktora. Koristi se struja visoke amperaže, a frekvence od frekvence električne mreže f = 50Hz do približno f = 450Hz. Najjednostavnije je lemljenje cilindričnih delova prikazano na slici 17.10.7.



Slika 17.10.7. Indukciono lemljenje

Većina metala i legura koji se mogu spajati drugim načinima lemljenja uspešno se leme i indukcijom, izuzev aluminijuma i magnezijuma. Glavna prednost indukcionog lemljenja u odnosu na druge postupke je brzo i lokalizovano unošenje toplote, što svodi oksidaciju na najmanju meru i smanjuje zahteve u pogledu čistoće površina namenjenih spajanju.

5) Lemljenje potapanjem. Ovo lemljenje obavlja se potapanjem delova namenjenih lemljenju u kade sa rastopom legura ili istopljenim solima, koje se stalno zagrevaju putem elektroda.

Temperatura u rastopu mora biti iznad temperature topljenja dodatnog materijala, ali uvek ispod temperature topljenja osnovnog materijala.
Za lemljenje ugljeničnih i niskolegiranih čelika upotrebljavaju se: neutralne hlorne soli (NaCl) sa dodatkom topitelja, kao i soli ugljene kiseline (karbonati Na_2CO_3, K_2CO_3) i natrijum cijanat (NaCN) kojima se ne dodaju topitelji, jer one same preuzimaju ulogu topitelja. Neutralne soli štite površine čeličnih delova od oksidacije iz vazduha, ali ne razlažu ranije stvorene okside, pa su stoga neophodni topitelji.
Dodatni materijal pri lemljenju čeličnih delova je srebrni lem ili legura bakra i cinka. Lem koji može biti u obliku: žice, trake, praha ili paste postavlja se direktno na mesto spajanja neposredno pre potapanja.
Vreme držanja delova u kadama zavisi od dimenzija delova, tražene jačine spoja, vrste soli i sl. Treba istaći da je prednost ovog postupka u velikoj brzini lemljenja, kao i isključenju pojave unutrašnjih napona i deformacija na formiranom spoju.

6) Lemljenje u pećima sa zaštitnom atmosferom. Uglavnom se primenjuje u visoko serijskoj proizvodnji pri čemu se spajaju sitni komadi mase do 2kg. Za lemljenje ugljeničnih i nisko legiranih čelika upotrebljavaju se lemovi na bazi bakra, a redje i srebrni lem. Neophodna je zaštitna atmosfera kojom se čelični delovi štite od oksidacije i razugljeničenja za vreme lemljenja i hladjenja. Zaštitni gasovi su obično: vodonik, amonijak, i metan (CH4) pripremljen tako da mu se umanji eksplozivnost. Peći se zagrevaju gasnim plamenom ili električnim grejačima.

7) Lemljenje ultrazvukom. Savremeni postupak kod koga se zagrevanje i topljenje lema postiže toplotom usled njegovog dužeg izlaganja ultrazvukom. Prednosti su: kvalitetan spoj sa
čistom površinom i što nisu potrebni topitelji, a mane: skupa aparatura i relativno dugo trajanje postupka.

4. Tehnologija mehaničkog lemljenja

Površine očišćene od oksida i dobro odmašćene. Treba da budu premazane topiteljem (najčešće ZnCl). Lemilo zagrejati na t=250-300^{0}C, potopiti u lem i primaći površinama koje se leme. Kada se postigne temperatura topljenja lema, lem sa vrha lemila prodire u zazor, popunjava ga i posle hladjenja ostvaruje spoj. Nakon lemljenja delove treba oprati vodom, jer zbog topitelja dolazi do korozije. Dodatni materijal (lem) može biti u obliku: žice, štapića i cevčica koje su ispunjene topiteljem.

17.11. SPAJNJE LEPLJENJEM

Tehnologija lepljenja je savremena tehnologija fiksiranja delova koja je alternativna gotovo svim ostalim tehnikama fiksiranja, počev od presovanih spojeva pa do zavarivanja. Spajanje delova vijčanim vezama ili zavarivanjem je samo po sebi jasno, jer je fizički princip u ovom slučaju očigledan. Kod spajanja delova lepljenjem fizički principi su značajno složeniji. Zato postoji odredjena nesigurnost kod primene ove tehnologije, podjednako kod inženjera projektanata, kao i kod radnika u proizvodnim pogonima. Uspešna primene ove tehnologije zahteva razumevanje odredjenih pojava na molekularnom nivou. Tehnologija lepljenja je zasnovana na inženjerstvu adhezione veze koja se na molekularnom nivou uspostavlja izmedju dva raznorodna materijala. Adhezijom nazivamo privlačnu silu koja deluje izmedju površina dva objekta koje se nalaze u neposrednom kontaktu. Adhezione sile teže da granične slojeve molekula dva raznorodna materijala održe u kontaktu. Lepak svojim prisustvom obezbedjuje da dva čvrsta objekta – dela nekog mehaničkog sklopa, trajno zadrže željeni položaj.
Da bi lepak koji ispunjava prostor izmedju objekata koji se spajaju trajno održao uspostavljenu vezu on mora da tu trajno i ostane. Zato je neophodno da posle izvesnog vremena lepak očvrsne, odnosno da predje iz tečnog u čvrsto agregatno stanje.
Mehanizam očvršćavanja ima čitav niz tehnoloških aspekata koji su od posebnog značaja za industrijsku primenu lepkova.

U industrijskoj praksi premnjuju se sledeći mehanizmi očvršćavanja:

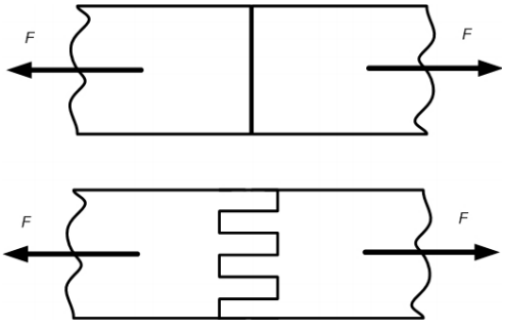
- Očvršćavanje kroz anaerobnu reakciju;
- Očvršćavanje pod dejstvom ultraljubičastih zraka;
- Očvršćavanje anjonskom reakcijom – cijanoakrilati;
- Očvršćavanje kroz aktivaciju – modifikovani akrilati;
- Očvršćavanje zagrevanjem - epoksidi.

Struktura tehnološke operacije fiksiranja delova lepljenjem je sledeća:

1. Priprema površina (odmašćivanje i nanošenje aktivatora po potrebi)
2. Nanošenje lepka – doziranje i disperzija
3. Očvršćavanje.

Sve navedene aktivnosti mogu da se izvode manuelnim putem uz primenu odgovarajućeg pomoćnog pribora, ili da se u potpunosti automatizuju primenom odgovarajućih funkcionalnih modula.

Lepljenjem se najčešće spajaju nemetalni materijali, legure lakih metala. Izuzetno brz razvoj u hemijskoj industriji, doveo je do toga da ne postoji ograničenje u primeni lepkova i lepljenih spojeva. Spoj obezbeđuje sila athezije izmedju lepka i zalepljenog elementa. Podrazumeva se da sila kohezije unutar lepak bude jača od pomenute athezije. Pri formiranju lepljenog spoja trebalo bi težiti da sam spoj bude izložen smicanju. na slici 17.11.1. prikazni su delovi spojeni različitim načinom lepljenja.



Slika 17.11.1. Izgled delova sa različitim načinom spajanja lepljenjem

17.12. PRENOSNICI

Pod prenosnikom u najširem smislu podrazumeva se mašinska grupa ili cela mašina čiji je zadatak prenošenje mehaničke energije od pogonske mašine (elektromotor, SUS motor, parna turbina…) ka radnoj mašini. Pomoću njih se takođe može izvršiti promena parametara, snage, veličine obrtnih momenata i ugaonih brzina ili sile i njenih brzina (sl. 17.12.1.).

Prema principu i načinu prenošenja energije, prenosnici se dele na:

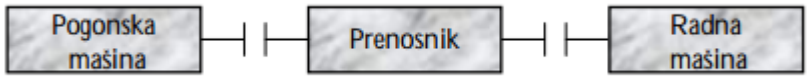
- mehanične,
- električne
- hidraulične, (najsavremnije) i
- pneumatske.

Prema vrsti sprege prenosnici se dele na prenosnike sa:

- neposrednom spregom (frikcioni i zupčasti prenosnici)
- posrednom spregom (kaišni i lančani prenosnici)

Prema vrsti veze prenosnici mogu biti:

- sa elastičnom spregom - frikcioni i kaišni prenosnici
- sa krutom vezom - zupčasti i lančani prenosnici



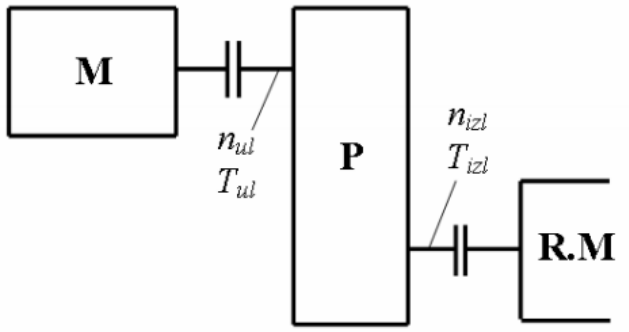
Slika 17.12.1. Prenosnic

Brojevi obrtaja pogonskih mašina obično su veliki, a obrtni momenti mali, dakle određena snaga postiže se velikim ugaonim brzinama a malim obrtnim momentima. Radna mašina zahteva u većini slučajeva male brojeve obrtaja, a velike obrtne momente, i to bilo u toku režima rada, bilo samo u izvesnim periodima. Prenosnici omogućuju građenje pogonskih mašina sa velikim brojevima obrta a malim obrtnim momentima, jer oni vrše povećanje obrtnog momenta na račun smanjenja ugaone brzine. Brzohoda pogonska mašina zajedno sa prenosnikom ima manje dimenzije i manju težinu nego sporohodna pogonska mašina upotrebljiva bez prenosnika. Prenosnikom se u izvesnim slučajevima savlađuje i rastojanje između radne i pogonske mašine, ako je iz nekih razloga potrebno radnu mašinu udaljiti od pogonske. Kod mehaničkih prenosnika mehanička energija se prenosi preko mašinskih delova,
međusobnim dodirivanjem. Mehanički prenosnici mogu prenositi energiju odnosno menjati obrtni moment i ugaonu brzinu bilo prianjanjem, bilo zupcima, i to ili neposrednim dodirivanjem pogonskog ili gonjenog elementa, bilo preko posrednika.

Glavni tipovi mehaničkih prenosnika su:
1. frikcioni prenosnici,
2. remeni prenosnici,
3. lančani prenosnici,
4. zupčasti prenosnici.

17.13. MEHNIČKI PRENOSNICI

Prenosnik u najširem smislu predstavlja mašinsku grupu ili mašinu, čiji je zadatak prenošenje mehaničke energije od pogonske mašine ka radnoj mašini, slika 17.13.1. .



Slika 17.13.1. Šema mehničkog sprenosnika

Znači, uvođenje prenosnika (P) kao posrednika između pogonske (M) i radne mašine (R.M) diktirano je uslovima rada kako radne, tako i pogonske mašine.

1. **Vrste maehnaičkih prenosnika**



17.14. RADNE KARAKTERISTIKE PRENOSNIKA

- (n_{ul}, niz*l*) – učestanost obrtanja pogonskog (ulaznog) vratila i učestanost obrtanja gonjenog (izlaznog) vratila,
- $\omega_{ul} = 2 \cdot \pi \cdot n_{ul}$ – ugaona brzina na ulaznom vratilu,
- $\omega_{izl} = 2 \cdot \pi \cdot n_{izl}$ – ugaona brzina na izlaznom vratilu,

- (T_{ul}, T_{izl}) – obrtni moment pogonskog (ulaznog) vratila i obrtni moment gonjenog (izlaznog) vratila,

- $P_{ul} = T_{ul} \cdot \omega_{ul}$ – snaga na ulazu u prenosnik,

- $P_{izl} = T_{izl} \cdot \omega_{izl}$ – snaga na izlazu iz prenosnika,

$$i = \frac{n_{ul}}{n_{izl}}$$

Radni prenosni odnos prenosnika je odnos učestanosti obrtanja pogonskog (ulaznog) vratila prema učestanosti obrtanja gonjenog (izlaznog) vratila. Za slučaj da je:

i > 1 - prenosnik vrši smanjivanje ugaone brzine, a povećanje obrtnog momenta idući od ulaza ka izlazu; takav prenosnik naziva se **reduktor.**

i < 1 - prenosnik vrši povećanje ugaone brzine, a smanjenje obrtnog momenta idući od ulaza ka izlazu; takav prenosnik naziva se **multiplikator.**

Stepen iskorišćenja (efikasnost) prenosnika predstavlja odnos snage na izlazu Pizl i snaga na ulazu P_{ul}:

$$\eta = \frac{P_{izl}}{P_{ul}} = \frac{P_{ul} - P_g}{P_{ul}}$$

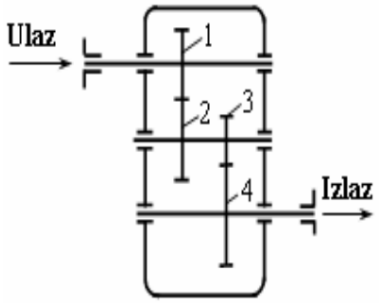
Odnos obrtnog momenta na izlazu iz prenosnika Tizl i obrtnog momenta na ulazu u prenosnik T_{ul} :

$$\frac{T_{izl}}{T_{ul}} = \frac{P_{izl}/\omega_{izl}}{P_{ul}/\omega_{ul}} = \frac{P_{izl}}{P_{ul}} \frac{n_{ul}}{n_{izl}} = \eta i$$

Obrtni moment na izlazu iz prenosnika:

$$T_{izl} = T_{ul} i \eta$$

17.15. STRUKTURA PRENOSNIKA



$n_{izl}=n_4$ $\qquad$ $n_{ul}=n_1$

$n_2=n_3$

$$i=\frac{n_{ul}}{n_{izl}}=\frac{n_1}{n_4}=\frac{n_1}{n_2}\frac{n_3}{n_4}=i_{1-2}i_{3-4}$$

$\eta = \eta_{1\text{-}2} \bullet \eta_{3\text{-}4}$

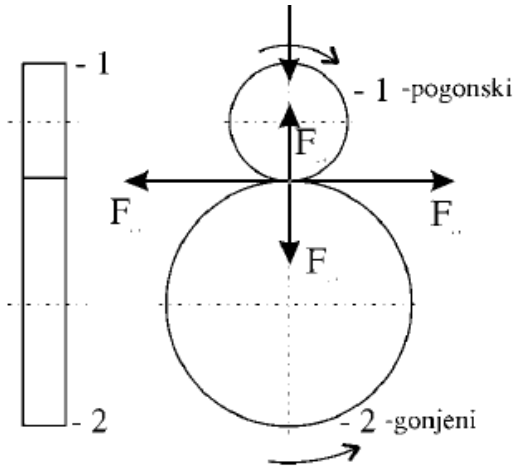
$$i=\prod_{j=1}^{k} i_j$$

17.16. FRIKCIONI PRENOSNICI

Kod frikcionih prenosnika obrtni momenat između pogonskog i gonjenog vratila prenosi se putem trenja i to njihovim neposrednim dodirivanjem. Najjednostavniji frikcioni prenosnik sastoji se iz dva frikciona točka, pogonskog (1) i gonjenog (2), koji su uležišteni preko odgovarajućih vratila i međusobno pritisnuti odgovarajućom silom. Pri okretanju jednog frikcionog točka (pogonskog) na dodirnoj površini frikcionih točkova javlja se sila trenja, usled čega dolazi do okretanja i drugog (gonjenog) frikcionog točka. Da bi rad frikcionog prenosnika bio moguć potrebno je da sila trenja F bude uvek veća ili, u graničnom slučaju, jednaka obimnoj sili Ft na frikcionim točkovima. Potrebna sila trenja na dodirnim površinama frikcionih točkova dobija se pritiskom jednog frikcionog točka na drugi odgovarajućom silom.

Kinematski prenosni odnos, ili kreće – prenosni odnos je odnos intenziteta vektora ugaonih brzina, i to uvjek intenziteta veće ugaone brzineprema intezitetu manje ugaone brzine. Za razliku od radnog prenosnog odnosa, kinematski prenosni odnos je uvjek pozitivna veličina, veća ili jednaka jedinici.

$$i=\frac{\omega_1}{\omega_2}\geq 1$$



$$\mu \cdot F_n >= F_o$$
$$\mu \cdot F_n = \nu \cdot F_o$$
$$F_n = \frac{\nu \cdot F_o}{\mu}$$

Frikcioni prenosnici imaju niz prednosti, ali i nedostatke.

1. **Prednosti frikcionih prenosnika su:**

- jednostavna i tačna izrada radnih površina frikcionih točkova
- ravnomeran rad bez promene prenosnog odnosa, pa se koriste i kod velikih ugaonih brzina
- promena smera okretanja bez pojave zazora u prenosniku
- bešuman rad, naročito ako su površine točkova izrađene od mekših materijala
- lako uključivanje i isključivanje u toku rada
- laka montaža i demontaža
- mogućnost osiguranja sistemaod preopterećenja
- kontinualna promena prenosnog odnosa

2. **Nedostaci frikcionih prenosnika su:**

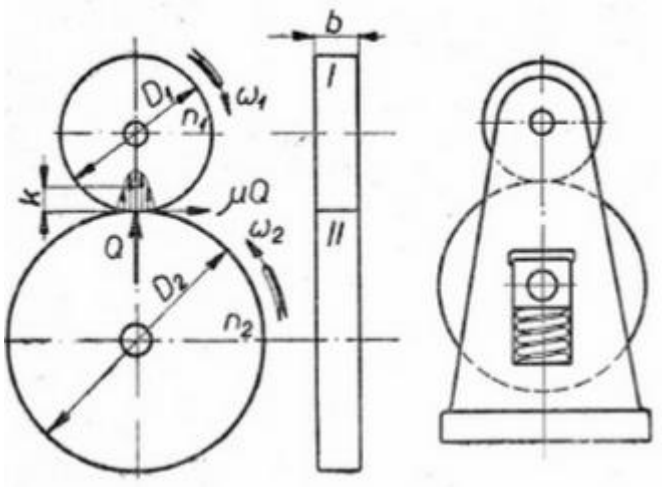
- veliko opterećenje vratila i oslonaca (zavisno od vrste materijala frikcionih točkova, normalna sila je 1,5...50 puta veća od obimne sile)
- veliki pritisak između dodirnih površina, jer je normalna sila velika, a dodirna površina mala, što ima za posledicu znatno habanje.
- slabo prigušenje udarnih opterećenja
- potreba za uređajem za ostvarivanje odgovarajuće normalne sile

3. **Frikcioni prenosnici se mogu podeliti u dve osnovne grupe: (Podjela frikcionih prenosnika)**

Kod frikcionih točkova obrtanje se prenosi sa jednog vratila na drugosamo trenjem i stooge tu može lako nastupiti međusobno klizanje spregnutih točkova. Ova okolnost, međutiim, omogućava naročito uspješnu primjenu frikcionih točkova tamo gdje priključene mašine treba zaštititi od preopterećenja i udara
Prema zadatku koji vrši, razlikuju se frikcioni prenosnici:

1. sa stalnim prenosnim odnosom,
2. sa promjenljivim prenosnim odnosom i
3. prenosnici za neizmjenično obrtanje

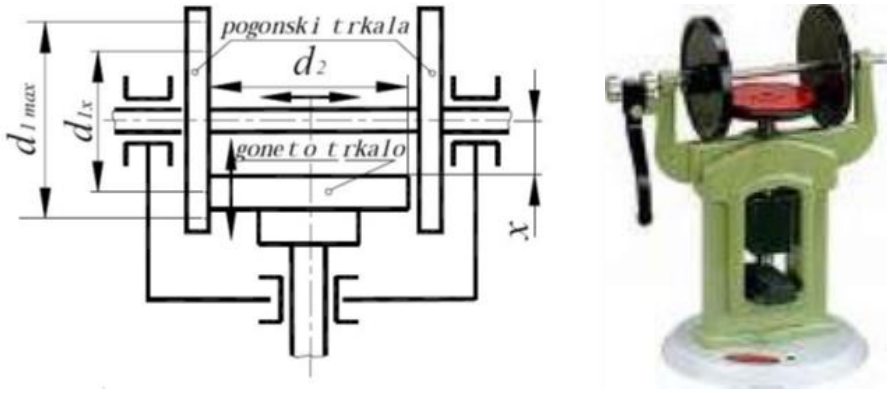
Frikcioni točkovi sa stalnim prenosnim odnosom (sl.17.16.1..) primjenjuju seza prenos snage pri malim razmacima vratila. Suština frikcionog penosasastoji se u tome što se ovdje, kao posljedica pritiska jednog točka na drugi, javlja na dodirnoj površini otpor trenja, usljed kojeg se obrtanje prenosi sapredajnog na prijemno vratilo. Pri tom veličina obodne sile koja se prenosizavisi od veličine pritiska Q i nemože biti veća od otpora trenja



$$P \leq \mu Q$$

Slika 17.16.1. Frikcioni bezstepeni prenosnik

Frikcioni prenosnici sa mogućnošću promene smera obrtanja, uglavnom se primjenju na presama za kovanje, izvlačenje štancanje it. Na slici 17.15.2. je prikazana takv frikcioni prenosnik kovačke prese.

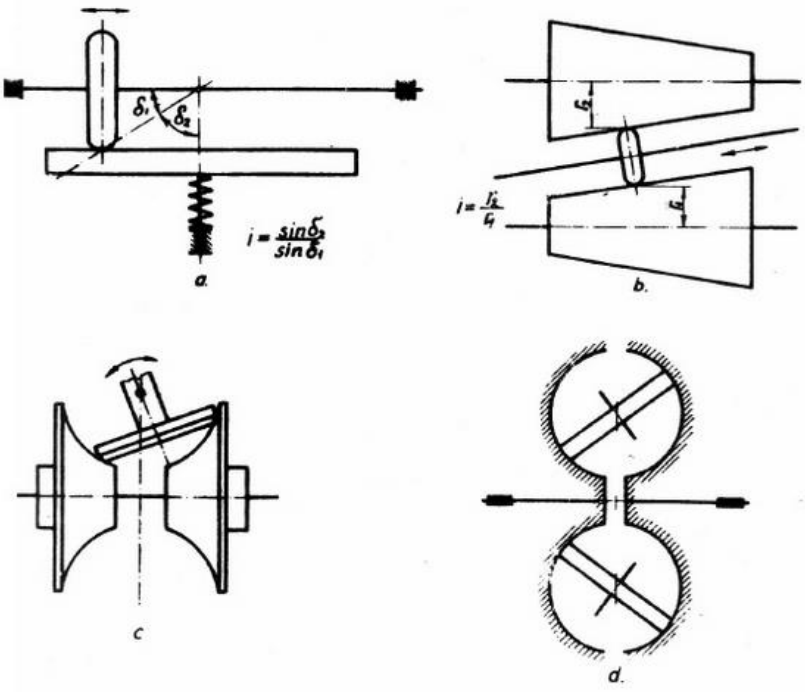


Slika 17.16.2.

Pogonski točkovi drumskih i šinskih vozila u sprezi sa površinom puta, odnosno, sa šinama takođe predstavljaju jednu varijantu frikcionog prenosnika.

Bezstepeni frikcioni prenosnici po kinematici se djele na: jednostavneprenosnike, prenosnike sa spojnim kotrljajućim točkovima i planetarniprenosnici, a po obliku kotrljajući tijela, kod koga se mjenjaju radiusi kotrljanjana: disk prenosnike ili čeone, konusne, kuglične i torusne.

Prenosnici sa promjenjivim prenosnim odnoso ili varijatori (slika 17.16.3.) mogubiti različiti konsktrucija. Najjednostavniji primer je u slučaju kada se ose sjeku,a sastoji se od frikcijonih točkova cilindričnog oblika. Pri tome se jedan točak utoku rada može aksijano pomjeriti, pa se promjenom prečnika na kome se vršidodirivanje mjenja, pa tako i prenosni odnos. Primjenjuje se kod frikcionihpresa. Pošto se ovdje radne površine nepoklapaju s kinematskim, čistokotrljanje je samo u jednoj tački, a u ostalim tačkama dodira nastajekinematsko klizanje.



Slika 17.16.3. Frikcioni varijatori

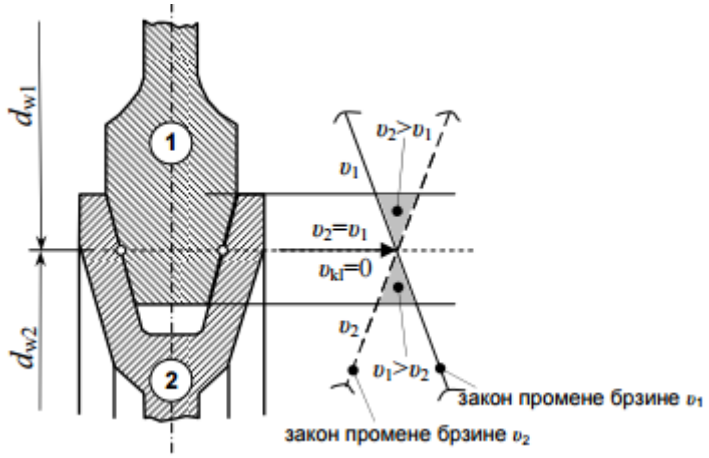
S obzirom na to da se kinetičke površine kotrljaju jedna po drugoj bezklizanja, tijela u obliku aksoida mogu se upotrebiti kao glavni dijeloviprenosnika, dakle za prenošenje kretanja i obrtnog momenta sa jednog vratilana drugo, ako se obezbjedi kotrljanje jednog takvog tijela po drugom bezklizanja. Za ovo se koristi prijanjanje radnih površina – one se pritiskuju normalnom silom Fn jedna ka drugoj, pri čemu obimna sila, koju treba prenijetisa jednog točka na drugi Fo
mora da bude manje od granične sile trenja Fμo između ovih površina:

$$F_O < F_{\mu O} = F_N \cdot \mu_O$$

U ovom je suština rada frikcionih prenosnika. U praksi, međutim, kodfrikcionih parova ne može se uvjek ostvariti čisto kotrljanje bez ikakvog klizanjaradnih površina jedna po drugoj, tako da gonjeni točak uvjek malo zaostaje uodnosu na pogonski točak. Uzroci ovog klizanja mogu biti dvojaki, pa se takorazlikuje kinematsko klizanje i elastično klizanje.

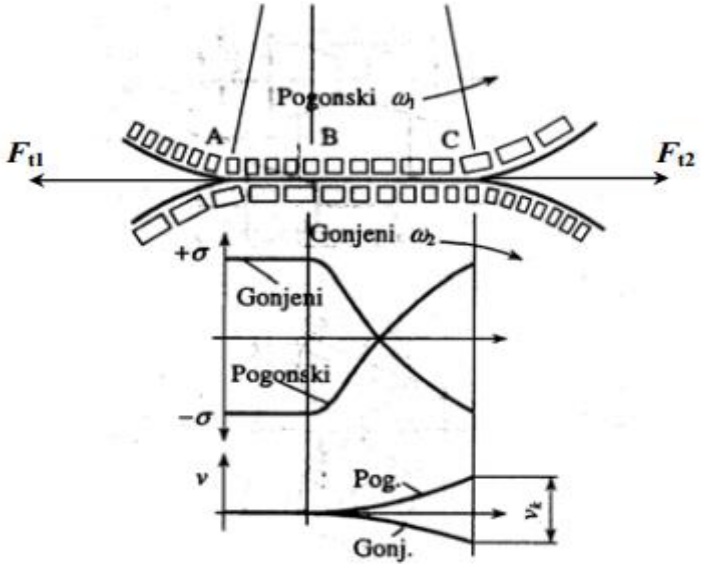
Knematsko klizanje nastaje u slučajevima kada se oblik radnih površinafrikcionog para ne poklapa sa oblikom odgovarajućih kinematskih površina.Tada nastaje klizanje u svim tačkama dodira koje leže izvan kinematskihpovršina. Ovo je slučaj kod tzv. ožljebljenih frikcionih točkova, kod kojih radnepovršine nisu glatke, nego snadbjevene

žljebovima u ravnima upravnim naosu obrtanja. Kod njih kinematskog klizaja nema osim u tačkama koje ležen upresjeku radne i kinematske površine, sl.17.16.4.



Slika 17.16.4.dw_1, dw_2 – Prečnici zamišljenih kinematskih cilindričnih površina

Elastično klizanje posljedica je elastičnih deformacija radnih površinafrikcionog para na mjestu dodira i to kako usljed dejstva normalne sile, tako iusljed dejstva tangentne, obimne sile. Normalna sila elastično deformiše radnepovršine, tako da se one ne dodiruju po liniji nego po nekoj maloj površini(slika 17.16.5.)



Slika 17.16.5.. Elastično klizanje frikcionih parova

Idealni slučaj bez proklizavanja,

$$\mathbf{V_1 = V_2} \Rightarrow \boxed{u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_{w2}}{d_{w1}}}$$

Realn slučaj

$$\mathbf{V_1 > V_2} \Rightarrow \boxed{u' = \frac{\omega_1}{\omega_2'} \neq \frac{d_{w2}}{d_{w1}} \Rightarrow u' > u}$$

$$\mathbf{V_1 = V_2} \Rightarrow \boxed{u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{1-\xi_k} \cdot \frac{1}{d_1}}$$

ξ_k - faktor proklizavanja (1 ÷ 3 %)

4. Materijal frikcionih točkova

Od pravilnog izbora materijala radnih površina frikcionih točkova zavisiispravan rad i trajnost frikcionog prenosnika. Od materijala za frikcione točkovezahtjeva se da ispuni sljedeće uslove:

a. Velik modul elastičnosti, da bi se spriječile veće deformacije namjestu dodira, a time smajilo elastično klizanje i gubici energije zadeformacije.
b. Velik koeficijent trenja, da bi se smanjila veličina potrebne silepritiska jednog točka ka drugom.
c. Velika otpornost na dodirni pritisak i na habanje, da bi seobezbjedio dovoljan vijek trajanja prenosnika.

Kaljen čelik po kaljenom čeliku ima veliku izdržljivost s obzirom nahabanje i dodirni pritisak, veliku čvrstoću, velik modul elastičnosti, ali malikoeicijent trenja.

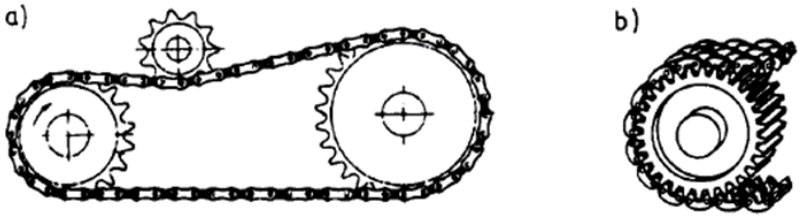
Sivi liv po sivom livu ili po čeliku pokazuje slične osobine kao i čelik počeliku. On mora biti termički obrađenu površinu. Sivi liv je zgodan za složeneoblike frikcionih točkova i za frikcione točkove velikih dimenzija.

Gumena obloga po čeliku ili sivom livu ima velak koeficijent trenja, dobruotpornost prema habanju, nečujan rad i malo zagrijavanja, ali je modulelastičnosti mali, isto i dozvoljena vrijednosst dodirnog pritiska

17.17. LANČANICI

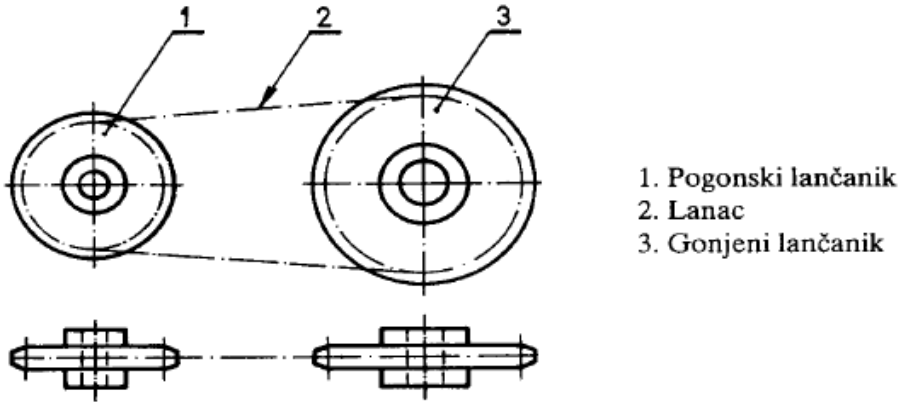
1. Osnovne karakteristike i primena lančanih prenosnika

Lančani prenosnik se sastoji iz dva lančanika i lanca koji ih spaja. Osim toga mogu imati i zatezače i prigušivače vibracija. Različitog su konstruktivnog oblika (sl.17.17.1.).



Slika 17.17.1. Lačani prenosnik

Lančani prenosnici se sastoje od pogonskog i gonjenog lančanika koji su obavijeni lancem povezujući dva udaljena paralelna vratila. Prenos snage se ostvaruje posredno pomoću obvojnog elementa - lanca, koji preko lančanika povezuje dva međusobno udaljena vratila. Zbog svoje pouzdanosti i ekonomičnosti u radu imaju široku primenu pre svega kod bicikala, motorcikla, motora, poljoprivrednih mašina, rudarskih i građevinskih mašina, alatnih mašina i dr. Uprošćeni ortogonalni crtež lančanog prenosnika dat je na sl. 17.17.2.. Lančanik po obodu ima zupce koji se predstavljaju sa tri kruga, odn. linije, kao kod zupčanika. Spoljašnji krug se crta debelom punom linijom, akinematski osnom linijom kao i lanac.
Podnožni krug se crta.



Slika 17.17.2. Uprošćeni ortogonalni crtež lačanog prenosnika

2. Prednosti primene lančanih prenosnika su:

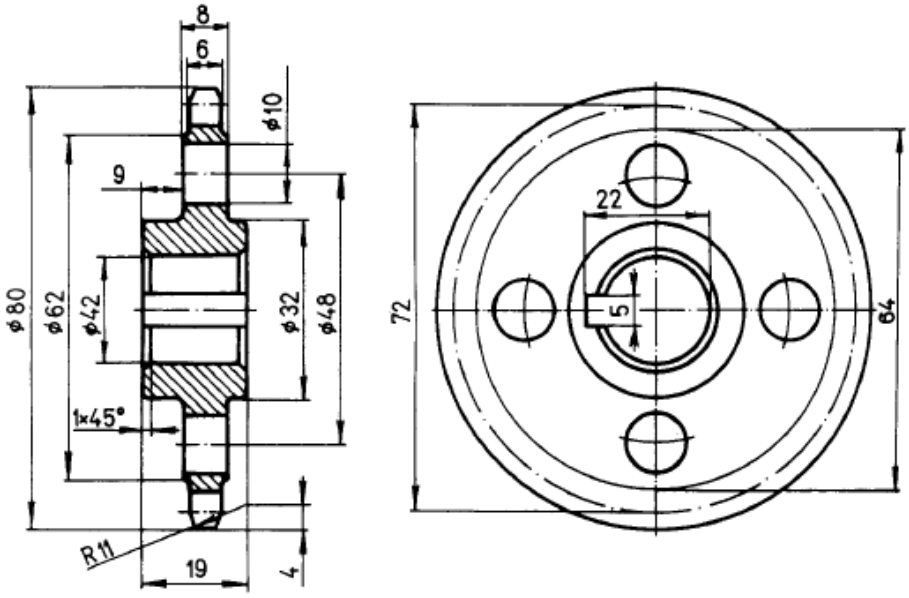
- male dimenzije
- prenos snage obvojnim elementom - lancem bez proklizavanja
- relativno dug radni vek
- visok stepen iskorišćenja

- mali troŠkovi održavanja
- manje opterećenje vratila i ležajeva
- neosetljivost prema povišenoj temperaturi i vlazi
- mogućnost povezivanja većeg broja paralelnih vratila jednim lancem

3. Nedostaci lančanih prenosnika su:

- habanje elemenata lanca usled čega dolazi do povećavanja koraka, odnosno, izduženja lanca
- neravnomernost brzine gonjenog lančanika u toku jednog obrta
- neelastični prenos obrtnog momenta
- povezivanje samo međusobno paralelnih vratila
- skuplji su od remenih prenosnika
- stvaraju buku u toku rada

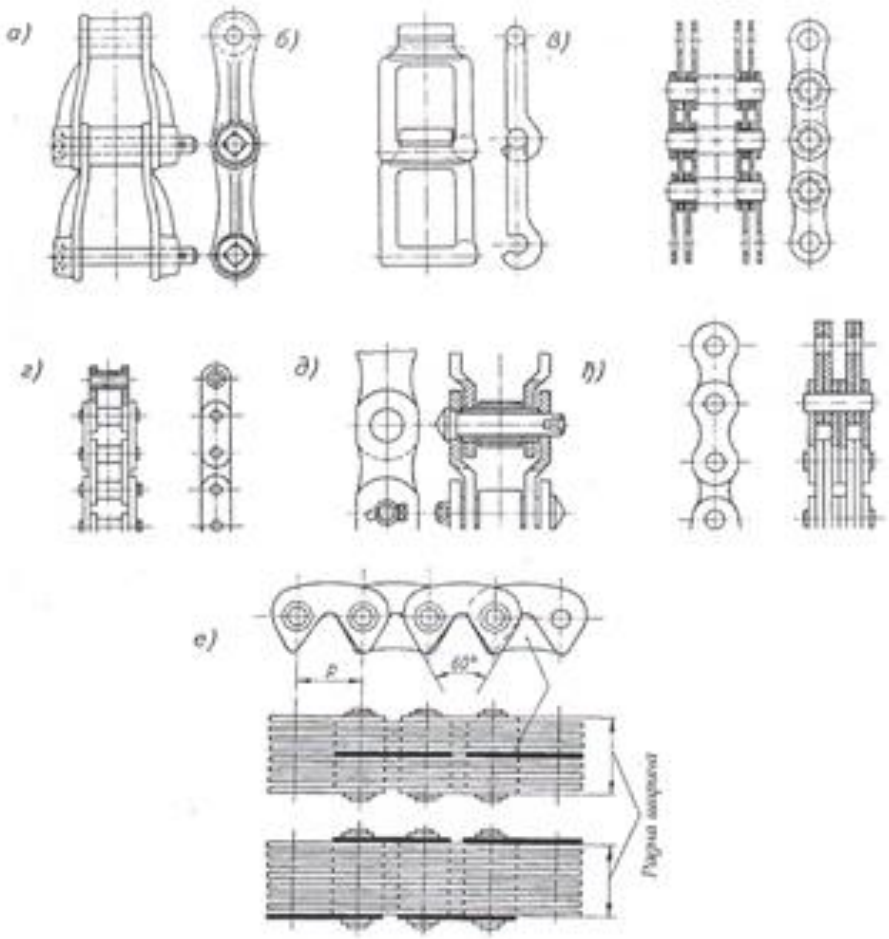
Način crtanja i kotiranja lančanika prikazan je na sl.17.17.3. Uz crtež, kao i kod zupčanika, daje se odgovarajuća tabela sa dodatnim informacijama



Slika 17.17.3. Crtanje i kotiranje lančanika

Lančani prenosnici najčešće imaju horizontalni položaj kod koga je vučni pgranak sa gornje strane, a mogu da budu i pod uglom nagiba od 60º. Često koriste konture zatezače.

Lanci se dele na: **zglobne lance i lance sa karikama**.Lanci sa karikama se najčešće koriste za podizanje tereta, dok se za prenos snage i obratnih momenata koriste isključivo zglobni lanci, slika 17.17.4.



Slika 17.17.4. Zglobni i lanci sa karikama

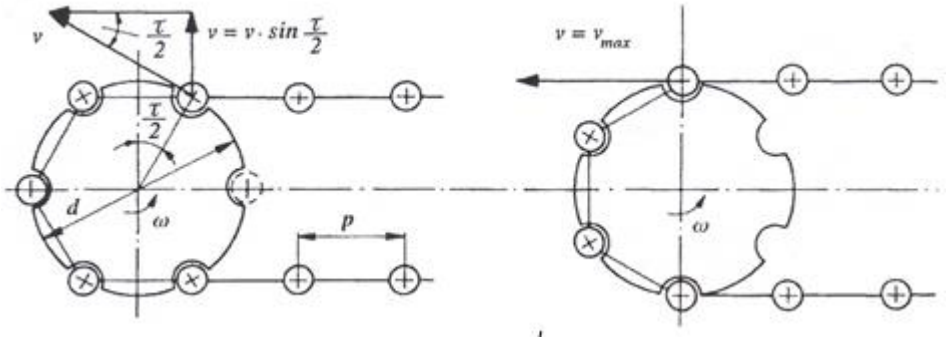
Najčešće se primenjuju sledeće vrste zglobnih lanaca:

1. Sa osovinicom za korake od 32 ÷ 150 mm i zatezne sile od 1,5 12 KN
2. Rastavljivi lanci za korake od mm i zatezne snage od KN
3. Galovi lanci koji u svakom zblogu imaju po četiri slobodno okretljive lamene
4. Lanci sa čaurama kod kojih su unutrašnje lamene upresovane u čaure, a spoljašnje lamene uresovane u osovinice
5. Lanci sa valjcima koji se sastoje od spoljašnjih i unutranjih lamela, osovinice, čaure i valjaka.
6. Lanci sa savijenm lamelana koji su slični prethodnim ali imaju savijene lamele i mogu da primaju udarna opterećenja
7. Flejerovi lanci koji se sastoje samo od osovinica i lamela

8. Lanci sa zupcima kod kojih je na jednoj osovinici postavljen veći broj nazubljenih lamela.

4. Konstrukciono izvođenje lančanika

Dimenzije lanaca i lančanika su standardizovane. Najčešće se izrađuju od čelika kod kojih oblik venca lancačnika zavisi od vrste lanca. Venac lanca se izvodi tako da lanac skoro bez trenja ulazi i izlazi iz zahvata. I pored izduženja lanca od 2 % potrebno je obezbediti siguran i miran rad u toku predviđenog radnog veka. Za normalne uslove rada prenosni odnos se kreće od n < 7, dok za manje brzine lanca može ići i do n = 10. Na slici 17.17. 5. prikazano je formiranja konstrukcionog oblika lančaniaka.



Slika17.17.5.

Prenosni odnos se računa po istim obrazcima ko i kod zupčanika:

$$n = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Manji lančanici mogu biti izrađeni izjedna dok se kod većih venac i telo lančanika mogu izvesti posebno a spajaju se zavarivanjem ili zavrtnjima. Kod većih lančanika venac i telo lančanika mogu biti spojeni paucima. Za brzine lanca ispod 7 m/s lančanici se rade od čelika Č1530, Č1730 i Č3130. Za veće brzine i nepovoljnije uslove rada koriste se čelici za cementaciju Č1220. Č1221, Č4120 i Č4320. Lančanici sa više od Z > 30, zubaca i kod većih serija, rade od čiličnog liva, a kod manjih opterećenja od sivog liva SL200 i SL250.

U toku rada lanac sa poligonalno obavija oko lančanika tao da se stvarni prečnik kreće između

$d_{\min} = d\cos(\tau/2)$ i $d_{\max} = d\cos\left(\frac{\tau}{2}\right)$ gde je ($\tau = \frac{360}{Z}$ - podeoni ugao).

Saglasno promeni prečnika menja se i brzina lanca. Promena brzine je periodična i zavisi od broja zuba. Sa smanjenjem broja zuba ova promena brzine je izrađenija i obrnuto. Izraženo u procentima za Z=14 iznosi 2,5%;

a za Z=16 iznosi ispod 2%; za Z=20 iznosi oko 1,2%, a za Z=14 ova promena brzine naglo raste. To je i posledia neravnomernog rada svih prenosnika praćenog pojavom vibracija i znatnih dodatnh inercijalnih sila koje vremenom dovode do oštećenja i kidanja. Zbog toga se preporučuje da broj zubaca lančanika bude u sledećim granicama:

$Z_1 = 6 \div 7$ - za ručno pogonjene prenosnike

$Z_1 = 8 \div 10$ - za brzine lanca ispod 4 m/s i ranomerno jednosmerno opterećenje

$Z_1 = 14 \div 26$ - za brzine lanca ispod 7 m/s i ranomerno jednosmerno opterećenje.

Preporučeni brojevi zubaca lancačnika:

- za manji lančanik: Z1= 13 15 17 19 21 23 25
- za veći lančanik : Z2= 38 57 76 95 114

U cilju izbegavanja češćeg sprezanja jednog međuzublja lančanika sa istim člankom lanca, a samim tim i njegovog većeg habanja preporučuje se izbor neparnog broja zubaca lančanika.

5. Sile i proračun lančanog prenosnika

Obrtni moment (T) se prenosi sa pogonskog vratila i pogonskog lančanika preko lanac na gonjeni lančanik i gonjeno vratilo. Zatezna sila u vučnom ogranku lanca jednaka je obimnoj sili načanika. Može da se sračuna po sledećem obrascu: $F_v = F_t = \frac{2T_1}{d_1}$

Gde je:

T_1 - nominlni obrtni moment na pogonskom lančaniku

D_1- prečnik podeone kružnice ogonskog lančanika u (mm)

Na veličinu obimne sile u vučnom ogranku utiče neravnomernost rada pogonske i radne mašine koja se uzima u obzir faktorom radnih uslova za lančanike (C_A) prema P 36.

Radno opterećenje lanca se uvećava i iznosi $F_L=C_A-F_t$.

Prisutna centrifugalna sila opterećuje lanac po celoj dužini. Za brzine v > 7 m/s, ona se računa po obrascu : $F_c = q \cdot v^2$, gde je g (kg/m) – masa jedinice dužine prema P 37.

Sopstvena težina lanca takođe opterećuje lanac u zavisnosti od nagiba lančanog prenosnika.

za $\alpha \geq 70^o$ $F_g = q \cdot g \cdot L (L \cong a)$ a vertikalni položaj

za $\alpha < 70^o$ $F_g = \frac{qL^2}{8f} \cdot \cos\alpha$ i horizontalni položaj.

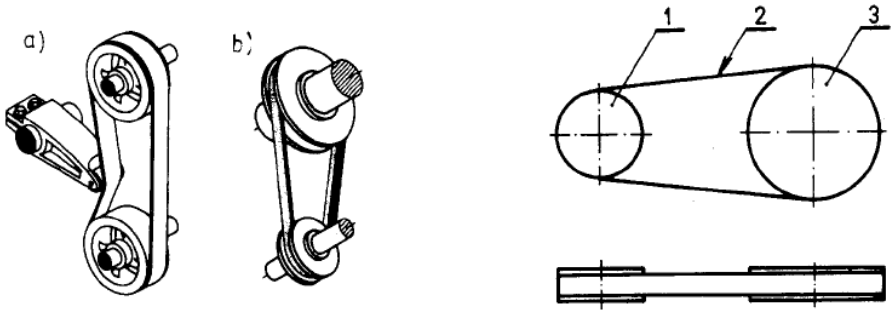
$f = (0{,}2 \div 0{,}25) \cdot a$ - maksimalni ugao slobodnog ogranka lanca u (m).

Ukupna zatezna sila u vučnom ogranku : $F = C_A F_t + F_c + F_g$.

Lamele u ograncima lanca su složenog oblika i uz pojavu koncentracije napona ispregnute su na savijanje i smicanje. Osovinica je napregnuta na savijanje i smicanje, a njihove dodirne površine trpe površinski pritisak usled dinamičkih sila u kritičnom preseku I-I na mestu otvora za osovinicu gde dolazi do lomova usled zamora.

17.18. KAIŠNI PRENOSNICI

Kaišni prenosnik se sastoji iz dva kaišnika (remenice) i kaiša (remena) koji ih spaja. Na slici 17.18.1. prikazan je aksonometrijski crtež kaišnog prenosnika (pljosnatog sa zatezačem i trapeznog klinastog). Kaišnici se predstavljaju sa dva kruga, a kaiš punom debelom linijom. Konstruktivni oblici kaišnika i kaiša su vrlo različiti.



Slika 17.18.1. Aksonometrijski i ortogonalni crtež kaišinog prenosnika

Kaišni prenosnici prenose snagi sa pogonskog na gonjeno vratilo putem trenja između elastičnog obvojnog elementa - kaiša i točkova - kaišnika. Istovremeno se može prenositi snaga i između većeg broja vratila, od kojih je jedno pogonsko, a ostala gonjena. Kaišni prenosnici mogu da prenesu snagu između vratila čije su ose paralelne ili se seku, odnosno mimoilaze pod proizvoljnim uglom.

1. Osnovne vrste kaišnih prenosnika su:

1.Kaišni prenosnici sa pljosnatim kaišem koji omogućava prenos snage između vratila sa većim osnim rastojanjem, između ukrštenih i mimoilaznih vratila, između ukrštenih i mimoilaznih vratila, rad sa većim obimnim brzinama i istovremeni pogon većeg broja vratila.

Prenos snage - posredstvom sile trenja. Pljosnati kaiševi se izrađuju od kože, tkanine, plastičnih materijala i višeslojnih materijala.

2. Kaišni prenosnici sa trapeznim kaišem - remenom koji se nazivaju i remeni prenosnici. Presek kaiša je u obliku trapeza - klina (klinasti kaiševi). Prenos snage između vratila sa manjim osnim rastojanjem, dozvoljavaju veći prenosni odnos i predviđeni za prenos srednjih snaga. Prenos snage posredstvom sile trenja.

3. Zupčasti kaišni prenosnici koji, za razliku od prethodnih, spadaju u sinhrone prenosnike, odnosno obezbeđuju konstantni prenosni odnos. Zupčasti kaiševi sa unutrašnje snage imaju ravnomerno raspoređene zupce u čija međuzublja dolaze zupci kaišnika, koji su trapeznog ili približno polukružnog oblika. Prenos snage posredstvom zubaca, dakle oblikom.

2. Prednosti primene kaišnih prenosnika:

- bešuman rad, mogućnost prijema i prigušenja udarnih opterećenja (izuzimajući zupčaste kaišne prenosnike)
- jednostavno konstrukciono izvođenje, bez zahteva za visokom tačnošću izrade, tako da im je cena niska.
- neosetljivi su na kratkotrajna preopterećenja, jer dolazi do proklizavanja, čime se sistem štiti od preopterećenja (izuzimajući zupčaste kaišne prenosnike)
- mogu da prenesu veliku specifičnu snagu u odnosu na težinu
- mogu da rade sa visokim obimnim brzinama
- omogućavaju spajanje veoma udaljenih vratila i istovremeni pogon većeg broja vratila

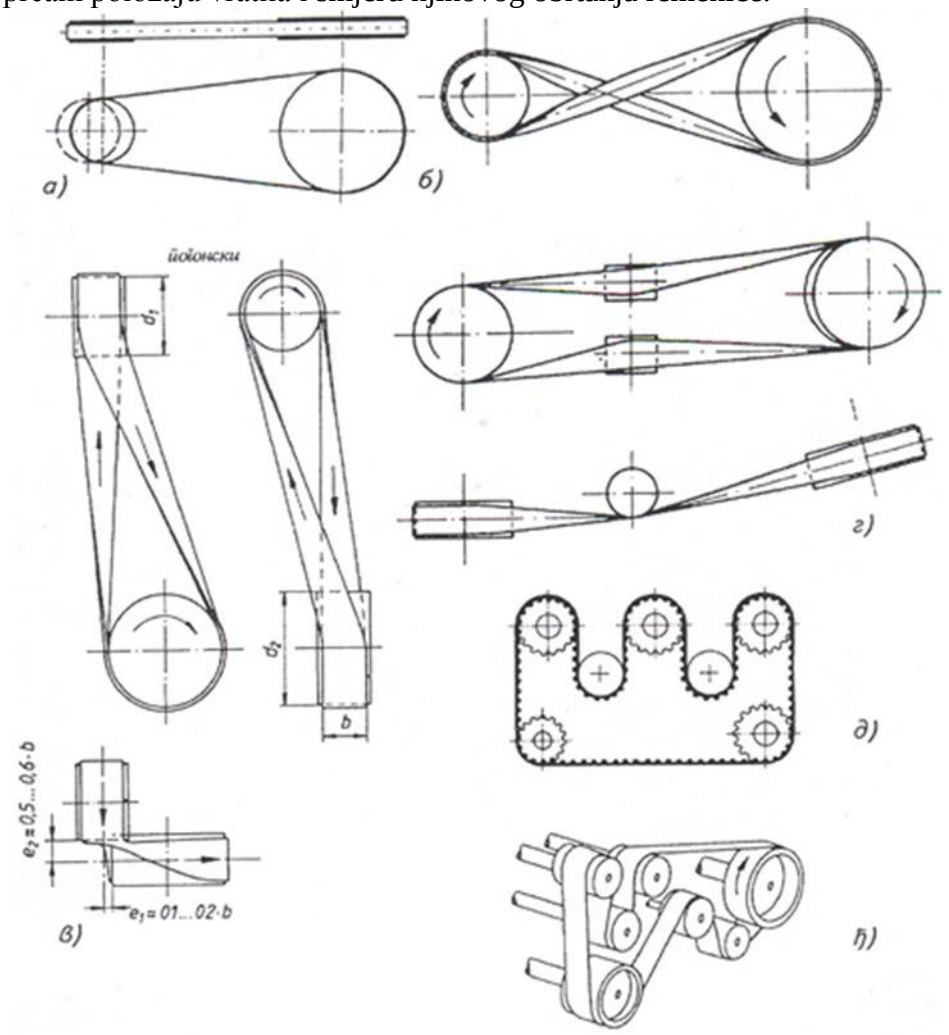
3. Nedostaci primene kaišnih prenosnika:

- veliko opterećenje vratila i ležaja
- elastično klizanje
- kod pljosnatih i trapeznih kaiševa ne može da se obezbedi konstantan prenosni odnos
- osetljivost na uticaj okoline
- radna temperatura je ograničena
- moguća pojava statičkog elektriciteta
- nekompaktnost konstrukcije u odnosu na druge prenosnike

4. **Prema mogućnosti konstrukcionog izvođenja (položaju kaiša) postoje:**

- Otvoreni kaišni prenosnik (isti smer okretanja vratila)
- Ukršteni kaišni prenosnik (suprotni smer okretanja vratila)
- Poluukršteni kaišni prenosnik (ose vratila se mimoilaze)
- Ugaoni kaišni prenosnik (ose vratila su pod uglom)
- Pogon većeg broja vratila istovremeno (jedno vratilo pogonsko)

Na slici 17.18.2. prikazani je mogući prenosni odnos kaišnog prensonika pream položaju vratila i smjeru njihovog obrtanja remenice.



Slika.17.18.2. Kišni prenosni odnos pream položaju vratila i smjeru njihovog obrtanja remenice

Za obezbeđenje sile trenja između kaiša i kaišnika neophodna je odgovarajuća dodatna pritisna sila koja se ostvaruje zatezanjem kaiša. To se u praksi izvodi na različite načine:

1. Sopstvenom težinom kaiša (kod udaljenih vratila
2. Elastičnim izduženjem kaiša (povremeno dodatno pritezanje)
3. Pomoću kotura zatezača (sa spoljašnje strane slobodnog ogranka)
4. Preko reaktivnog obrtnog momenta (automatsko pritezanje u F(M)

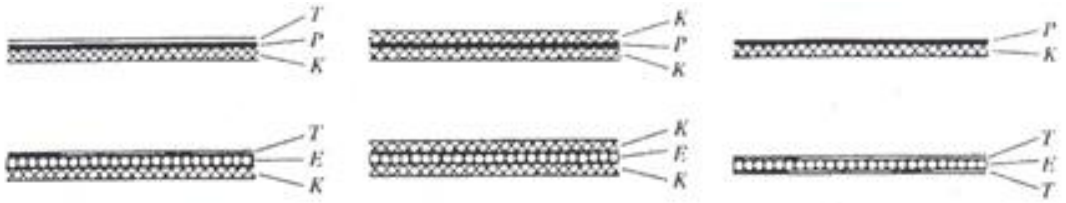
5. Vrste kaiševa

Od izabranog materijala kaiša zavisi nosivost kaišnog prenosnika, pa isti mora da zadovolji:

- Dobru prionljivost i visoki koeficijent trenja
- Zadovoljavajuću savitljivost kaiša
- Visoku dinamičku izdržljivost
- Otpornost na spoljne uslove (vlagu, ulje, prašinu)

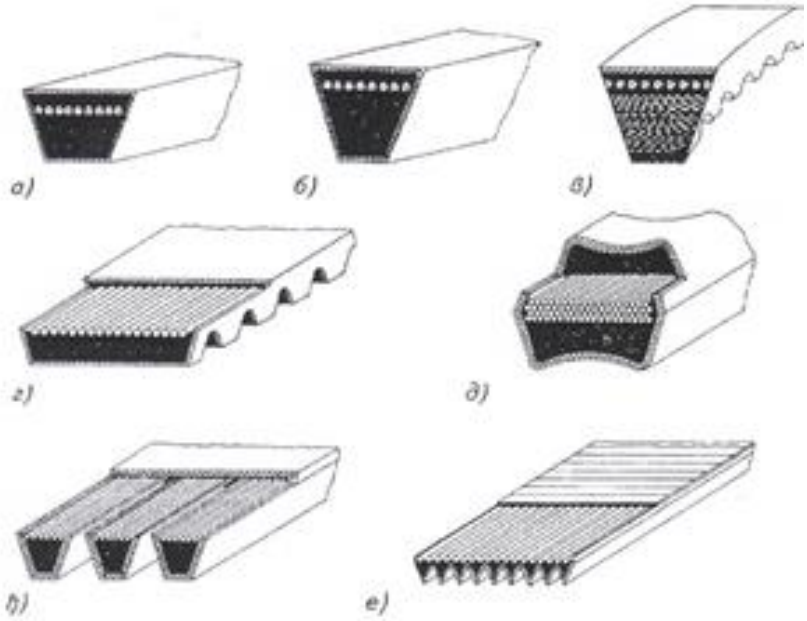
Za pljosnate kaiševe koriste se različiti materijali čiji su karakteristike date u posebnomprilogu za kaiševe, ausklađeno stndardom. .Koža ima visok koeficijent trenja. Primenjuje se standardna (S), savitljiva (G) i hromova vrlo savitljiva koža (HGL).

Tkanina od organskog i sintetičkog materijala se primenjuje za izradu zatvorenih kaiševa bez nastavka. Veće su težine i javljaju se znatne centrifugalne sile. Plastične mase (poliamid ili polieser) imaju visoku čvrstoću ali nisu elastične i imaju nizak koeficijent trenja



Višeslojni materijali sa srednjim (vučnim) slojem od materijala velike čvrstoće (poliamid, poliester) i unutrašnji (dodirni) spoj od kože koja ima dobru prionljivost i visoki koeficijent trenja i spoljašnji (zaštitni) sloj otporan na okolne uticaje, predstavlja najbolje rešenje u izradi kaiša. Ovakvi materijali omogućavaju dug radni vek, visoku nosivost i rad sa velikim obimnim brzinama do 100 m/s.

Krajevi pljosnatih kaiševa se najčešće lepe, zavaruju ili prišivaju. Oni su pavougaonih preseka sa merama prema slici 17.18.3. odnosno standardu



Slika 17.18.3. Izgled satavnih delova trapeznog kaiša

Poprečni presek trapeznih kaiševa – remena je u obliku trapeza. Sastoji se od:

- Vučnog sloja (tekstilna ili poliester vlakna),
- Jezgro najčešće izrađenog od kvalitetne gume , i
- Omotača koji se sastoji od gumirane pamučne ili sintetičke tkanine

Izrađuje se u različitim konstrukcionim oblicima:
Normalni, uski, uski sa zupcima na unutrašnjoj strani, široki sa zupcima na unutrašnjoj strani. U praksi se najčešće primenjuje normalni remen sa odnosom širine i debljine $l_o / h \approx 1{,}6$ (oznake Y, Z, A, B, C, D, E) i uski remen $l_o / h \approx 1{,}2$ (oznake SPZ, SPA, SPB, SPC). Zbog klinastog oblika remenice, normalna sila između dodirnih površina znatno je veća od radijalne sile čime se mora preneti tri puta veća obimna sila nego kod pljosnatog kaiša. Da bi kaiš mogao nesmetano da izlaz iz žljeba kaišnika ugao nagiba profila mora biti u granicama od $32 \div 38^{o}$. Njihove dimenzije prečnog preseka i dužine su standardizovane prema P 37-12 i P37-13.
Zupčasti kaiševi prenose obrtni moment oblikom. Sa upravljive strane imaju zupce. Sastoji se od vučnog dela sa armaturom od čelične žice obložene sintetičkim kaučukom ili poliuretanom. Sa unutrašnje strane su

zupci zaštićeni trakom od poliamoda. Imaju tačan prenosni odnos, vrlo veliki stepen iskorišćenja $(\eta = 0{,}99)$ i manje opterećenje vratila i ležaja

Prenos s klinastim remenom vrši se preko više vrsta remena:

- Normalni,
- Uski,
- Široki,

prikazano na slici:17.18.4.



Slika17.18.4. Vrste remena

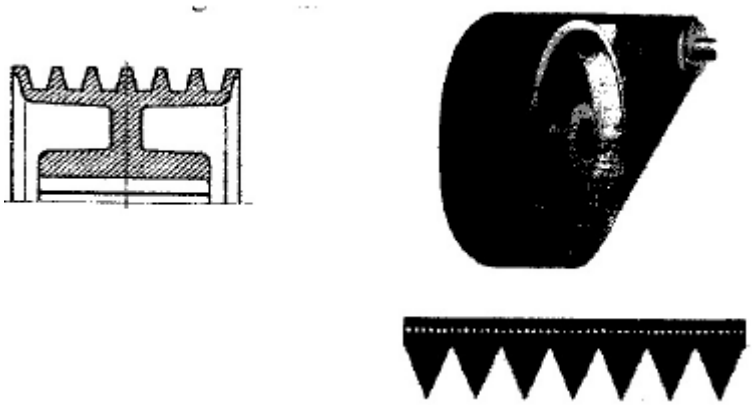
Dimenzije normalnih i uskih klinastih remena u *mm* Tablica VII



Beskrajno normalno klinasto remenje (HRN G.E2. 053) i konačno normalno klinasto remenje											
Nazivna širina *b*	5	6	8	10	13	17	20	25	32	40	50
h	3	4	5	6	8	11	12,5	16	20	25	32
max *k*	1	1,5	2,5	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	4,5
max *H*	5	6	7,5	9,5	12,5	12,5	18	27	27	32	40

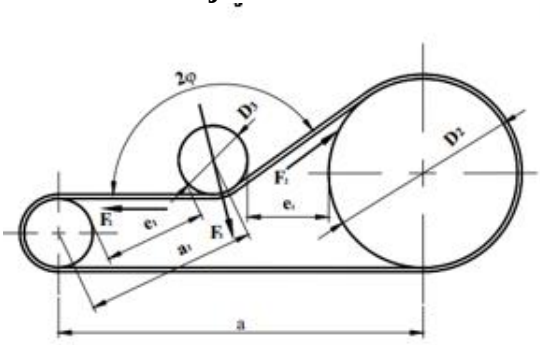
Usko klinasto remenje (HRN G.E2.063) za opće strojarstvo i za motorna vozila					
Kratica strojo gradnja[2)] motorna vozila	SPZ	SPA	SPB	19	SPC
Gornja širina remena $b \cong$	9,7	12,7	16,3	18,6	22
Aktivna širina remena b_w	8,5	11	14	16	19
Visina remana $h \cong$	8	10	13	15	18
Razmak $h_w \cong$	2	2,8	3,5	4	4,8

Prenos većeg momenta vrši se pomoću više klinastih remena na jednoj remenici i pomoću rebrastog remena, slika 17.18.5.



Slika 17.18.5. Klinasta remenica..

6. Zatezanje remena



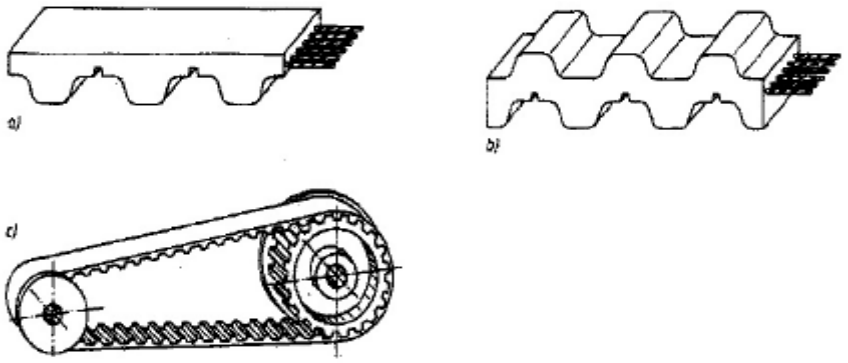


Slika 17.18. 6. Zatezanje remena pomoću španera

Udaljenost zatezne remenice se uzima

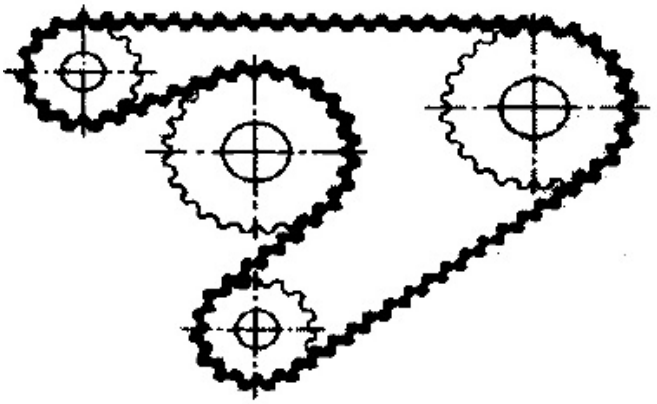
$e1 \geq 0{,}5\ (D\ 1+ D3\ )$ ili $a1 \geq D1 + D3$

PRENOS SA ZUPČASTIM REMENOM: a).jednostrano ozubljen, b) dvostrano ozubljen remen; c) prenos sa zupčastim remenom



Slika 2.3.9.6.Prenos sa zupčastim remenom.

Pogon motora sa više zupčastih remenica sa dvostrukim ozubljenjem

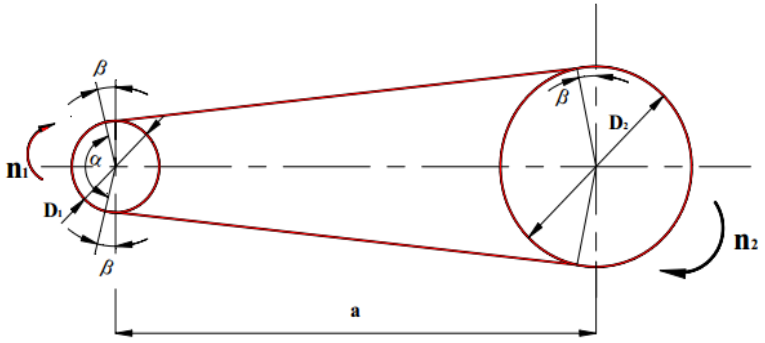


Slika 2.3.9.7.Prenos sa više remenica dvostruko ozubljenih.

7. Geometrijske veličine kaišnih prenosnika

Prenosni odnos

Na slici 17.18. 8. prikazan je kalsični remni prenosnik sa različitim



Slika 17.18.8. Normalni kaišni prenosnik

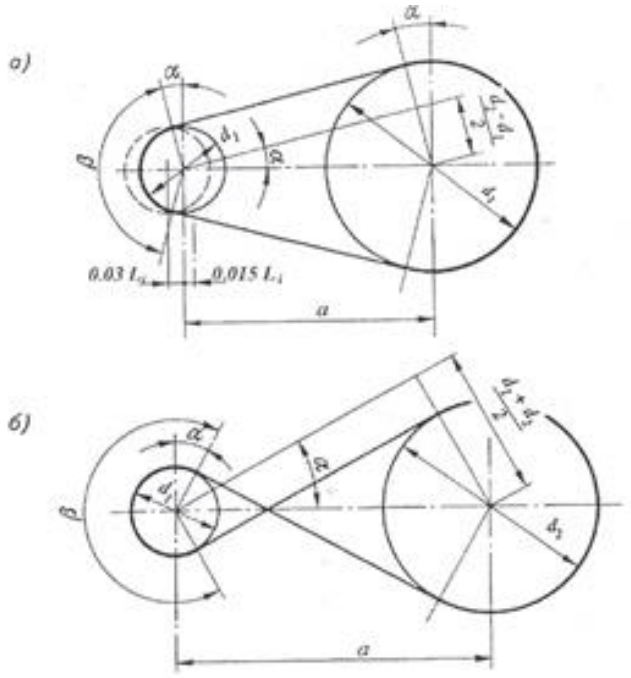
Prenosni odnos = $i = n_1 / n_2 = D_2 / D_1$

Zbog elastičnog klizanja prenosni odnos kaišnih prenosnika se računa po približnom obrazcu:

$i \approx \frac{d_1}{d_2}$ i kreće se u granicama:

$i \leq 6$ - za otvoreni kaišnika sa pljosnatim kaišem

$i \leq 15$ - za prenosnik sa koturom zatezačem



Slika 17.18.9. Parametri za proračun prenosnog odnosakaišnog prenosnika

Ostale geometrijske mere kaišnih prenosnika:

1. Za otvoreni prenosnik

ugao nagiba ogranka : $\sin\alpha = \frac{d_2 - d_1}{2a}$

obvojni uglovi malog i velikog kaišnika: $\beta_1 = 180 - 2\alpha i \beta_2 = 180 + 2\alpha$

Osno rastojanje $a \approx (0{,}7 \div 2{,}0)(d_1 + d_2)$ za ukršteni prenosnik

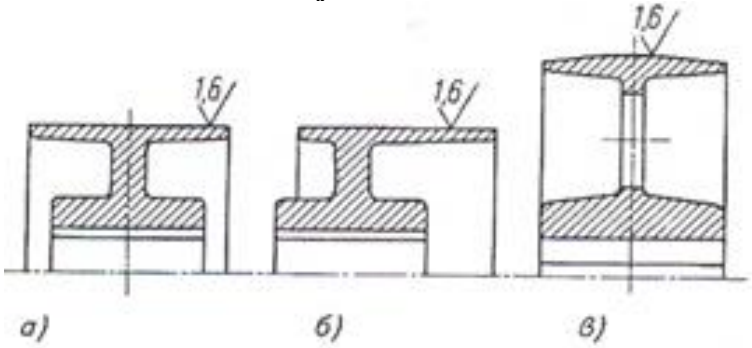
ugao nagiba ogranka : $\sin\alpha = \frac{d_1 + d_2}{2a}$

obvojni uglovi malog i velikog kaišnika : $\beta_1 = \beta_2 = 180 + 2\alpha$

Prethodno (unutrašnja) dužina kaiša:

$$L_p = L_i = 2a\cos\alpha + \frac{\beta\pi}{360}(d_2 + d_1)$$

8. Konstrukciono izvođenje kaišnika i remenica



Slika 17.18.10. Konstrukciono izvođenje kaišne remenice

Kaišnici se najčešće izrađuju od sivog liva (SL150, SL200), čeličnog liva (ČL 0300, ČL0400), čelika i lakih metala. Njihove osnovne dimenzije su standardizovane prema P 37-2. Venac kaišnika može biti cilindričnog oblika ili ispupčen. Za obimne brzine v > 30 m/s oba kaišnika se izrađuju sa ispupčenim vencima.

Za obimne brzine v < 25 m/s mora biti i dinamički uravnotežen. Mali kaišnik se izrađuje od punog materijala obradom na strugu ili livenjem. Za prečnike do 355 mm venac i glavčina se izvode izjedna. U tom slučaju venac i glavčina spajaju se pločom zavarivanjem i dodatno se ojačavaju rebrima. Po drugoj varijanti kaišnici većih dimenzija izrađuju se livenjem a venac i glavčina se povezuju paocima. Broj paoka se kreće od 4 do 8. U zavisnosti od prečnika vratilo može da se odredi po obrascu :

$$Z = 0{,}15\sqrt{d} \geq 4$$

Poprečni presek paoka je najčešće elipsa sa odnosom poluosa $(a_1 / a_2 = 2 \div 2{,}5)$. Eliptični presek paoka ima manji otpor vazduha i opterećeni su na savijanje sa naponom:

$$\sigma_s = \frac{3F_t \cdot y}{W \cdot Z} \leq \sigma_{sdoz}$$

Kaišnici prečnika paoka preko 2m izrađuju se iz dva dela.

Dužina glavčine : $L_G \approx (1,,2 \div 1,5) \cdot d_v$

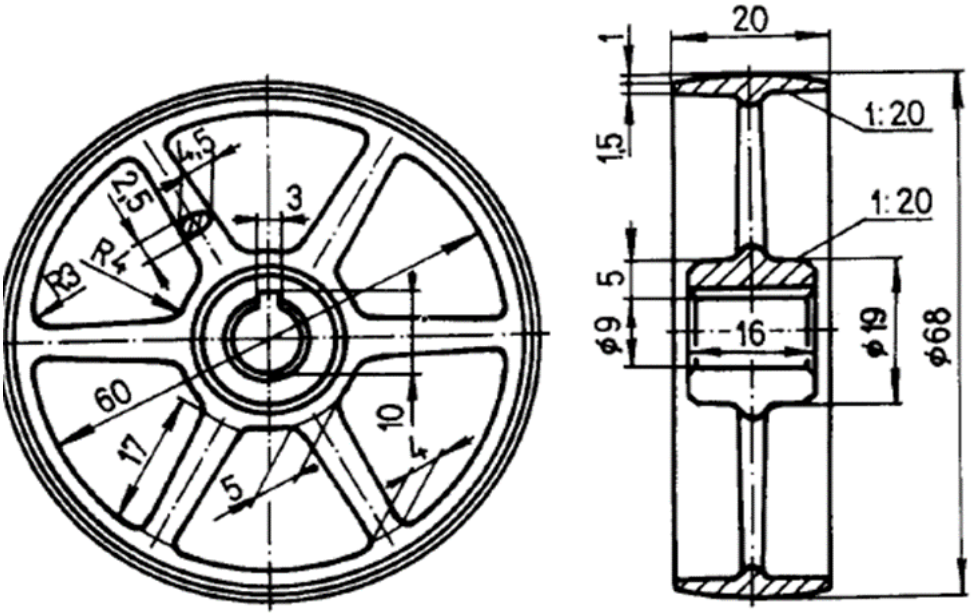
Debljina glavčine : $\delta \approx 0,4 \cdot d_G + 10mm$

Za širinu kaišnika B > 0,1 d_G + 200mm postavljaju se da reda paoka na rastojanju $(0,5 \div 0,6)B$.

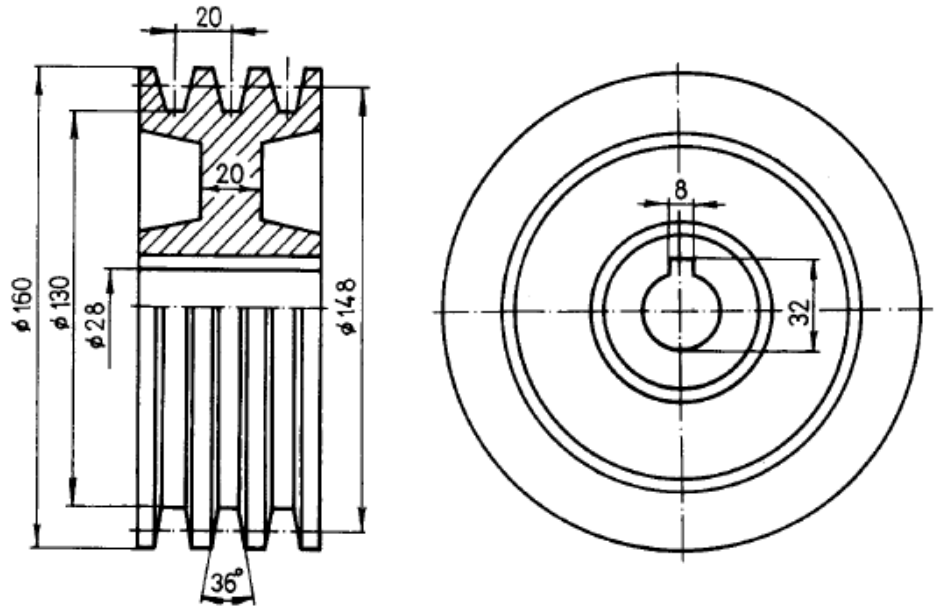
Remenici se najčešće izrađuju livenjem ili od limova koji se spajajau lemljenjem ili tačkastim zavarivanjem . Njihova dimenzija su standardizovane prema P 37-12 za normalni remen i P 37-13 za uski remen. Veza venca i glavčine kao i dimenzije same glavčine konstrukciono se izvode isto kao i kod kaišnika. Stvarni prečnici remenica treba da se kreću između preporučnih graničnih d_{wimn} i d_{wmax}.

Za obimne brzine do 35 m/s kao materijal za izradu remenica se koristi sivi liv, a iznad 35 m/s se koristi čelik i čelični liv. Za obimne brzine do 25 m/s obavezno je statičko uravnoteženje remenica a preko 25 m/s i dinamičko uravnoteženje.

Ortogonalni crtež kaišnika za pljosnati kaiš prikazan je na sl. 17.18.11., a za trapezni ¬ klinasti na sl.17.18.12.



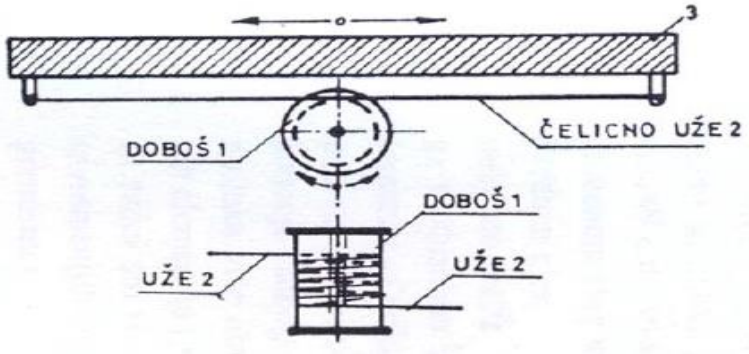
Slika 17.18.11.Ortogonalni crtež kaišnika za plosnati kaiš



Slika 17.18.12.Ortogonalni crtež kaišnika za trapezni kaiš

17.19. UŽETNI PRENOSNICI

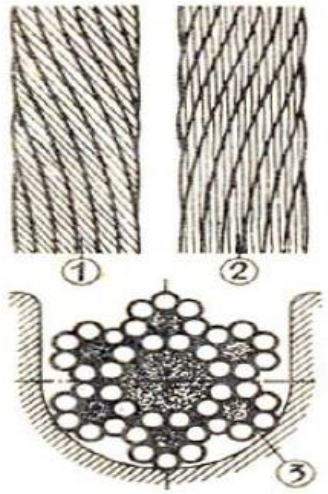
Užetni prenosnici se danas uglavnom retko sreću i to uglavnom na: dizalicama za podizanje tereta, transportnim postrenjima, ski liftovima i sl. Koristi se i kod pilanske prerade drveta za izvodjenje pomoćnog kretanja kolica na pili za sečenje trupaca (trupčari). Primer primene prenosnika sa dobošem i čeličnim užetom dat je na slici 17.19.1'. Doboš 1 učvršćen je na predajnom vratilu prenosnika za promenu smera obrtanja, a krajevi čeličnog užeta 2 vezani su sa delom mašine 3 koji se pravolinijski kreće. Pravolinijskim kretanjem dela mašine 3 u desno desni deo užeta se zamotava, a levi odmotava i obratno.



Slika 17.19.1' Prenosnik sa dobošem i čeličnim užetom

Žičana užeta su mahom okruglog poprečnog presek. Poiedine žice užeta upredaju se prethodno u uvojke ili upretke, a onda se ovi upredaju u uže. U cilju zaštite od rdjanja žica se može pocinkovati. Jedan uvojak se sastoji od: 6, 8, 13, 16, 19, 37 ili 61 žice, što zavisi od željene jačine užeta. Debljina žice iznosi 0,4÷2mm. Broj uvojaka u užetu obično 5÷6.

Treba razlikovati (sl.17.19.2.): desno (1) i levo (2) upredeno uže. Kao što vidimo kod desno upredenog užeta upretci se upredaju u pravcu kazaljke na časovniku, a kod levo upredenog obrnuto. Uže može biti jednostruko, ako ima samo jedan, ili višestruko, ako ima više upredaka.



Slika 17.19.2. Izled žičanog užeta

Izgled poprečnog preseka žičanog užeta sa 6x7=42 žice dat je na slici 17.19.2. (3). Uvek treba težiti da se što podesnijom konstrukcijom poprečnog preseka postigne naleganje što većeg broja žica na žljeb točka ili bubnja. Ovim se postiže smanjenje površinskog pritiska što ublažava oštećenja i prekide žica i povoljno utiče na vek trajanja užeta. U slučaju na sl. 17.19.2.(3), uže naleže na samo tri žice što je nepovoljno.

Prilikom izbora užeta treba imati u vidu da uže sa većim brojem tanjih žica ima bolju savitljivost, manji prečnik točkova i bubnjeva oko kojih se žica savija (time i lakši pogonski uredjaj), ali su tanke žice osetljivije na mehaničke i hemijske uticaje.
Na uže nepovoljno utiče njegovo naizmenično savijanje. Uže treba voditi da mu savijanje po mogućnosti bude jednosmerno.

1. **Proračun žičanog užeta**

Ukupan normalni napon predstavlja zbir napona nastalih usled zatezanja i savijanja užeta oko doboša i točkića oko kojih je uže prebačeno:

$$\sigma = \sigma_z + \sigma_s$$

Napon na zatezanje računa se kao:

$$\sigma_z = \frac{4F}{z \cdot \pi \cdot d^2},$$

gde je:
z – br. žica u užetu,
d – prečnik žice.

Napon na savijanje užeta iznosi:

$$\sigma_s = \beta \cdot \frac{E \cdot d}{D},$$

gde je:

- E – modul elastičnosti
- D – prečnik doboša
- b= 3/8 za užeta obične konstrukcije,
- 1/4 za uže naročito savitljivo,
- 1/2 za uže manje savitljivosti.

Ukupni napon (s) treba da je manji od dozvoljenog koji je:

- σd = (1,3÷1,5)σM – za ručni pogon
- σd = (1,4÷1,5)σM – za motorni pogon.

Najmanji prečnik D doboša oko kojih se žica savija zavisi od jačine žice i vrste užeta, a obično ga propisuju pojedini poizvodjači užeta. Neke preporučene vrednosti bile bi:

- D iznad 400· d – za dizalice na ručni pogon
- D iznad (500÷800)· d – za dizalice na motorni pogon,
- D iznad 1000 · d – za transportna postrojenja.

Smanjenje prečnika D ispod ovih vrednosti, odražava se na smanjenje trajanja veka užeta.

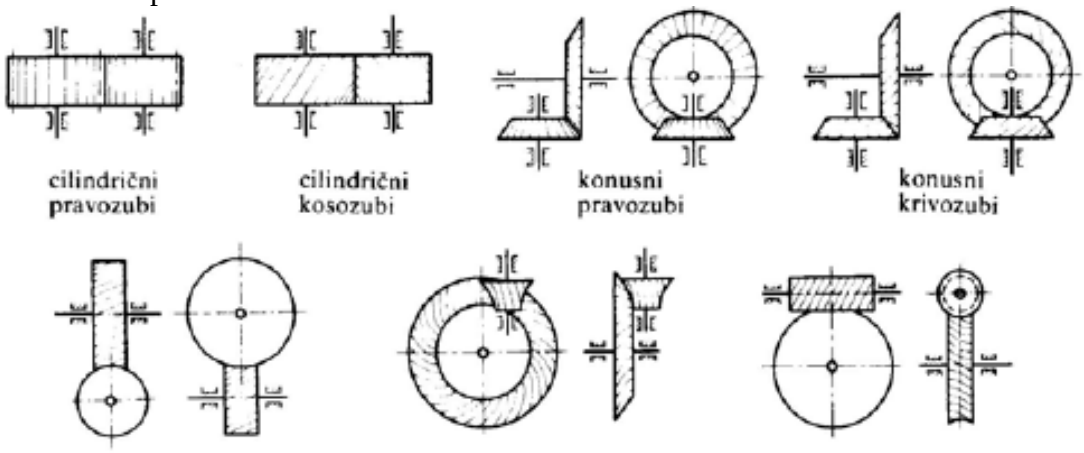
17.20. ZUPČASTI PRENOSNICI

1. **Osnovne karakteristike i vrste zupčastih prenosnika**

Zupčasti prenosnik čine dva spregnuta zupčanika. Zadatak im je da prenose obrtni momenat sa jednog vratila na drugo.

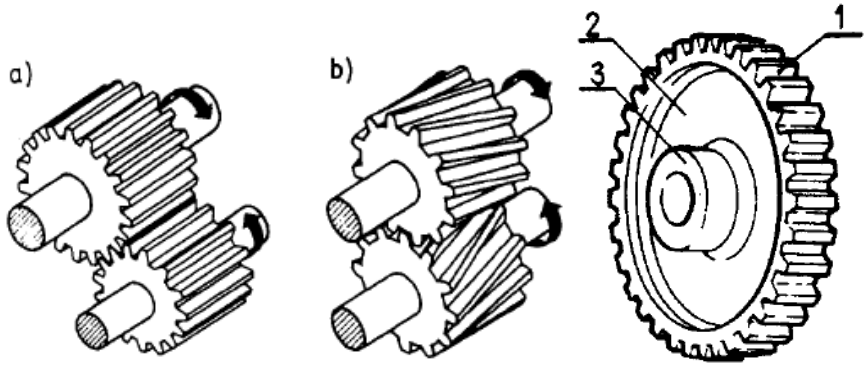
Prenošenje snage ostvaruje se neposrednim dodirom pogonskog i gonjenog zupčanika. Mogu biti (sl. 17.20.1.):

1. cilindrični - ose vratila paralelne
2. konusni - ose vratila se seku (upravne ili pod uglom)
3. pužni - ose vratila se mimoilaze



Slika 17.20.1. Vrste i karakteristike zupčastih parova

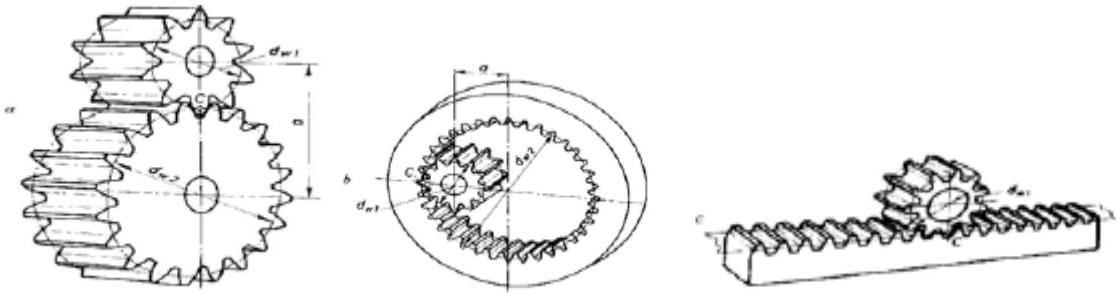
Kada su ose vratila meñusobno paralelne, prenos se ostvaruje cilindričnim zupčanicima. Prema obliku zubaca, ovi zupčanici mogu biti sa pravim (a), kosim (c), strelastim (d) zupcima. Mogu biti kao spoljašnji (a) i unutrašnji cilindrični (b) par.. Na sl.17.20.2. prikazan je par cilindričnih zupčanika (sa pravim i kosim zupcima) i aksonometrijski izgled cilindričnog zupčanika. Mogu biti kao spoljašnji (a) i unutrašnji cilindrični (b) par.



Slika 17.20.2. Aksiometrijski zupčasti par sa paravim i kosim zupcima i zupčanik sa pravim zupcima

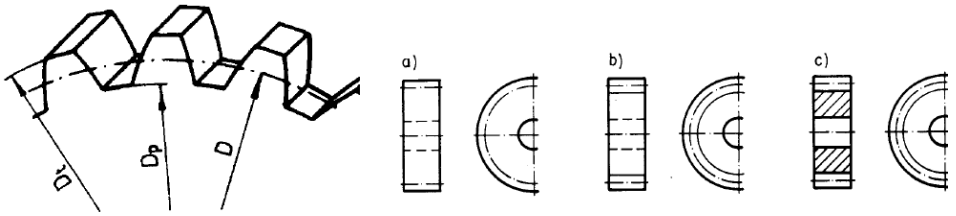
.

Prema kinematiskoj površini (sl. 17.20.3.) cilindrični zupčanici mogu biti: a)
spoljašnji, b) unutrašnji, c) ravni.



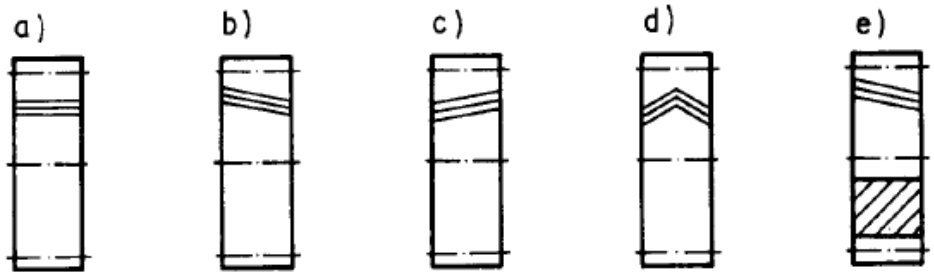
Slika 17.20.3. Kinematske površine cilindričnih zupčastih parova

Po obodu (vencu) zupčanika su zupci koji imaju vitalnu ulogu u prenosu obrtnog momenta (sl. 17.20.4.). Ovakav način crtanja je neracionalan i težak, pa se zupčanik u ortogonalnoj projekciji crta uprošćeno.



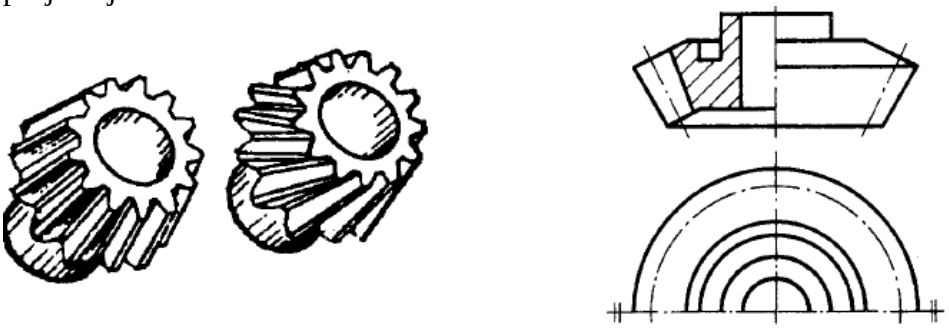
Slika 17.20.4. Aksiometriski i ortogonalni crtež i ozubljena sa pravim spoljašnjim zupcima

Spoljašnji prečnik Dt, koji se naziva temeni, najvećI je i crta se debelom konturnom linijom. Središnji, kinematski, prečnik D crta se osnom linijom. Unutrašnji prečnik, podnožni, Dp crta se različito, zavisno od toga da li se zupčanik crta sa ili bez preseka (sl. 17.20.5.). Na istoj slici prikazan je način crtanja kosine zubaca.



Slika 17.20.5. Ortogonalni crtež zupčanika sa kosim zubcima

Konični zupčanik prikazan je na sl.17.20.6., i njegova ortogonalna projekcija.



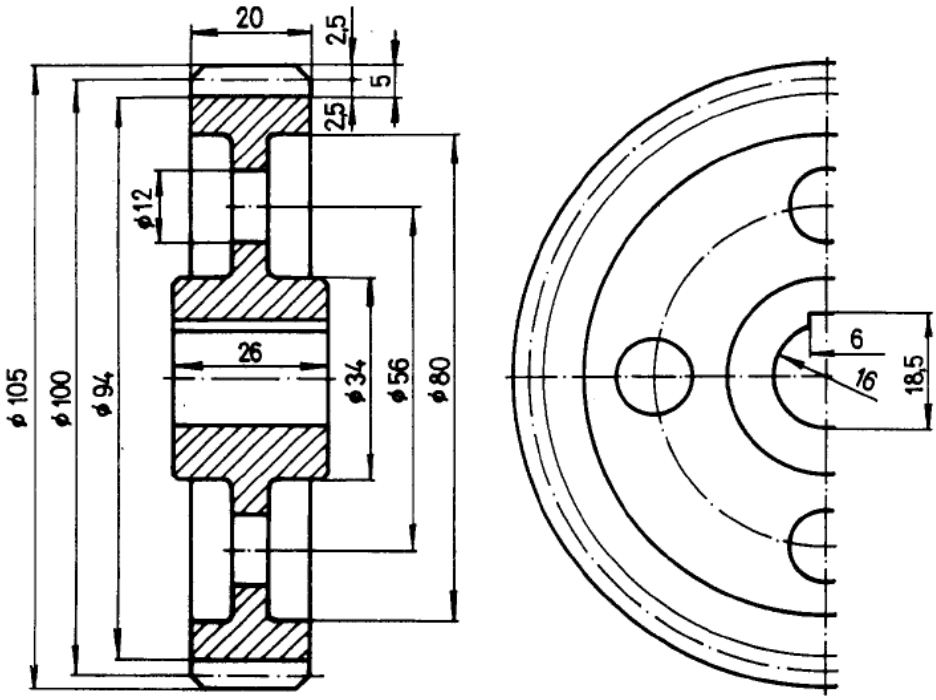
Slika 17.20.6. Konični zupčanik u aksiometriji i ortogonalnoj projekciji

Isti je način crtanja i ostalih zupčanika. Na sl. 17.20.7. data je skica pužnog prenosnika i ortogonalni crtež pužnog zupčanika.



Slika 17.20.7. pružnog prenosnika i ortogonalni crtež pužnog zupčanika

Način kotiranja cilindričnog zupčanika sa pravim zupcima dat je na sl.17.20.8.. Obzirom na činjenicu da se zupčanik crta uprošćeno, bez zubaca, osim naznačenih kota moraju se, u posebnoj tabeli, dat i dodatne informacije tabela 17.20.1.



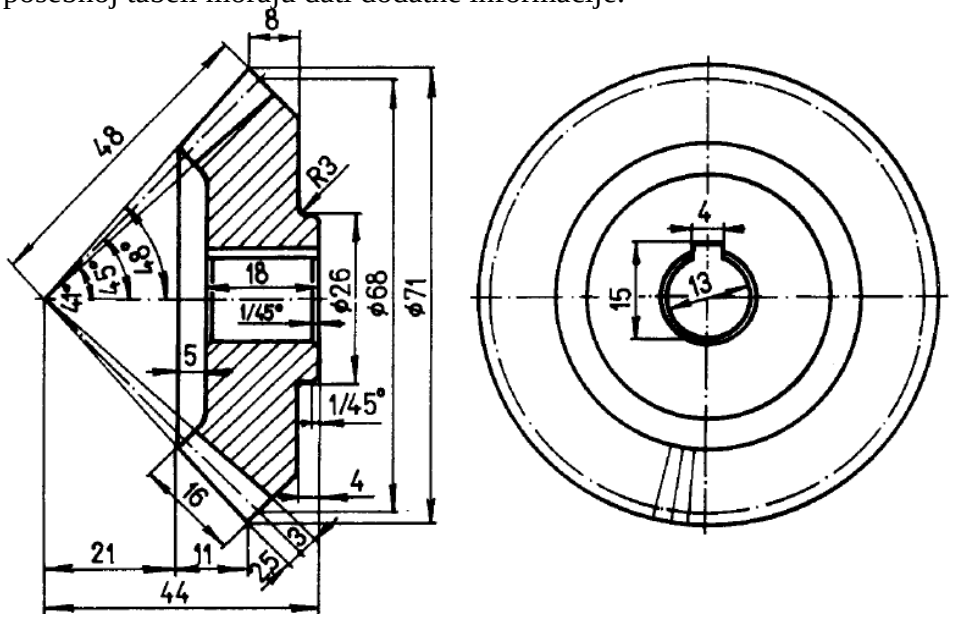
Slika 17.20.8. Radionički crtež zupčanika sa pravim zupcima

Tabela 17.20.1. Tehnički parametri cilindričnog zupčanika neophodni za izradu.

Vrsta zupčanika	**Cilindrični zupčanik sa pravim zupcima sa spoljašnjim zupčanjem**	
Broj zubaca	z	20
Modul	m (mm)	5
Prečnik temenog kruga	D_t (mm)	105
Standardni profil	-	JUS M.C1.016
Pomeranje profila	xm (mm)	2,5
Prečnik podnožnog kruga	D_p (mm)	94
Prečnik osnovnog kruga	D_b (mm)	93,9693
Kontrola, kvaliteti	-	S".6edd3 JUS M.C1.031
Merni broj zubaca	z_w	3
Mera preko zubaca	$W^{Aw,g}_{Aw,d}$ (mm)	$40{,}012^{-0{,}072}_{-0{,}096}$
Prečnik kinematskog kruga	D (mm)	100
Kodeks broj spregnutog zupčanika	-	01.002
Broj zubaca spregnutog zupčanika	z_2	50
Osno rastojanje	$a \pm A_{a,g,d}$ (mm)	179,584 ± 0,020
Ugao dodirnice	α(°)	23° 41′ 36″
Kružni zazor	j (mm)	0,152 ...0,244
Minutni broj obrtaja	n (°/min)	2300

NAPOMENA: Kod primera kotiranja zupčanika nisu naznačene tolerancije pojedinih dimenzija

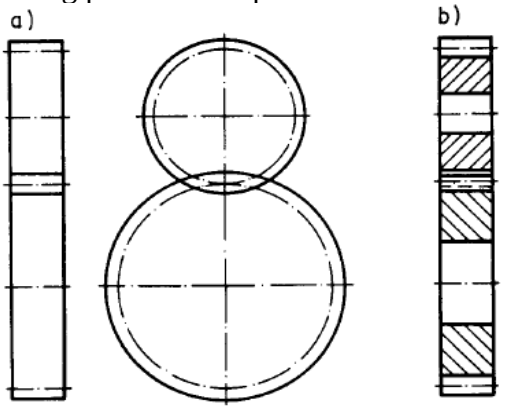
Isti princip kotiranja važi i za ostale zupčanike. Na sl.17.20.9. prikazan je način kotiranja koničnog zupčanika sa pravim zupcima. i ovde se u posebnoj tabeli moraju dati dodatne informacije.



Slika 17.20.9.način crtanja i kotiranja koničnog zupčanika sa pravim zupcima

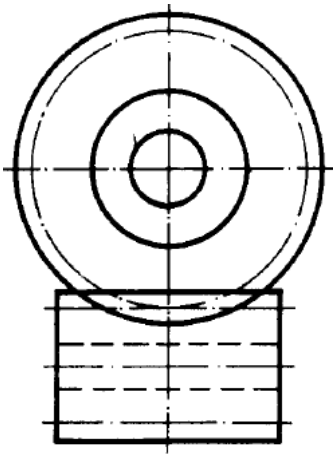
NAPOMENA: Kod primera kotiranja zupčanika nisu naznačene tolerancije pojedinih dimenzija.

Zupčasti parovi takođe se crtaju uprošćeno. Na sl. 17.20.10. prikazan je način crtanja zupčastog para sa i bez preseka.



Slika 17.20.10. Crtanje zupčastog para bez preseka

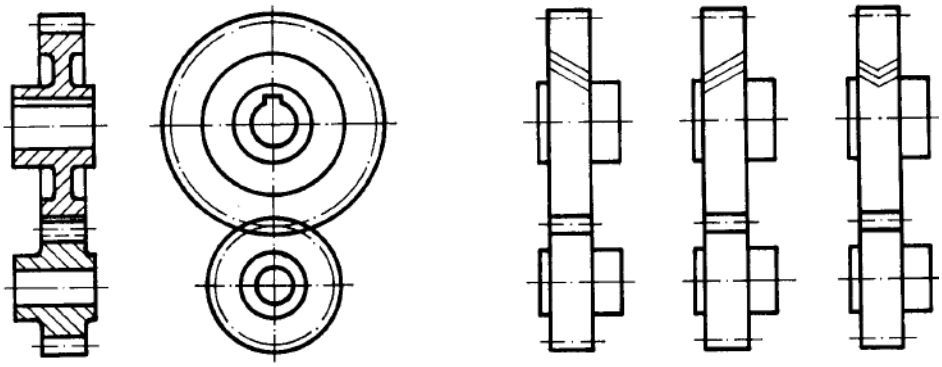
Može se uočiti da se temeni prečnici oba zupčanika vide, kinematski krugovi se dodiruju, a podnožni ne moraju da se crtaju.
Pri crtanju orogonalnog crtež pužnog para važe isti principi (sl 17.20.11.).



Slika 17.20.11. Ortogonalni crtež pužnog para bez dimenzionisanja

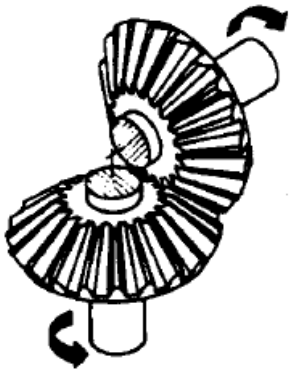
.

Zupčasti cilindrični par složenijeg konstrukcionog oblika prikazan je na sl. 17.20.12..



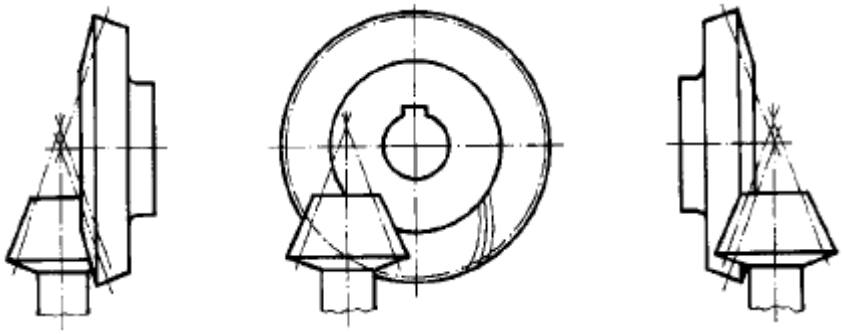
Slika 17.20.12. Crtanje zupčasti cilindrični par složenog konstrukcionog oblika, bez dimenzionisanja

Aksonometrijski prikaz koničnog zupčastog para koji prenosi kretanje na vratila koja se seku pod uglom od 90^o prikazan je na slici 117.20.13.

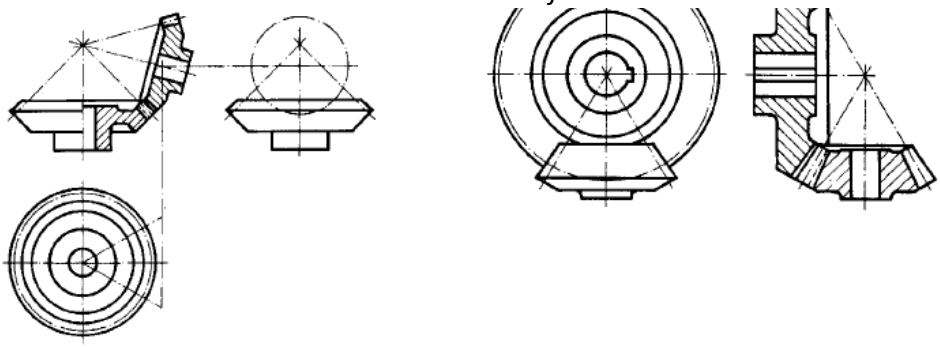


Slika 17.20.13. Aksionometrijski crtež koničnog zupčastog para

Crtanje koničnih zupčanika bez preseka dato je na sl. 17.20.14. Pošto su ovde zupčanici delimično zaklonjeni jedan drugim, tako se i crtaju. Crtanje koničnog zupčastog para u preseku prikazano je na sl. 17.20.15.

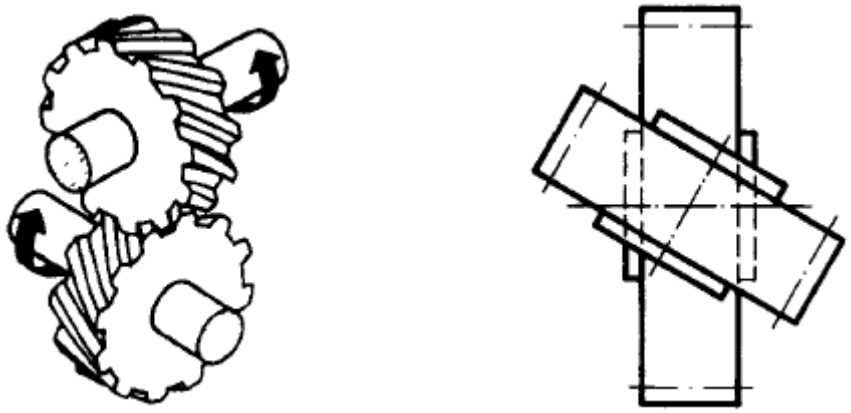


Slika 17.20.14. Crtanje koničnog zupčastog para bez preseka i dimenzionisanja



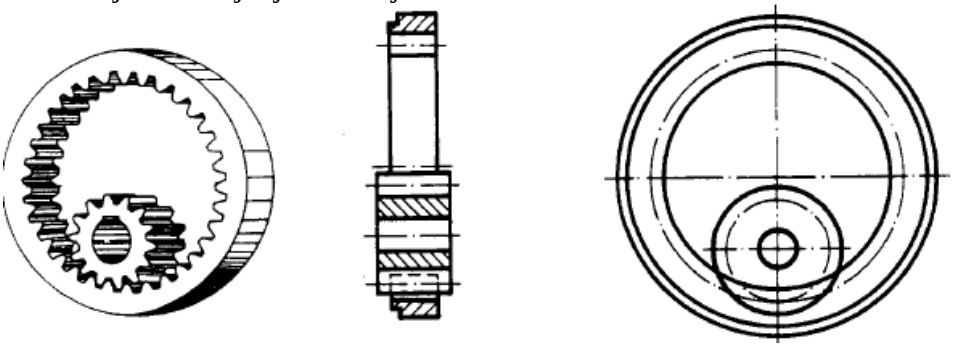
Slika 17.20.15. Crtanje koničnog zupčastog para u preseku bez dimenzionisanja.

Princip crtanja zubaca u dodiru je isti kao kod cilindričnih zupčanika. Kod koničnih zupčanika crtaju se i linije sprezanja oba zupčanika zajedno sa presečnom tačkom u oba pogleda, bez obzira na to pod kojim se uglom seku.
Aksonometrijski prikaz hiperboloidnih zupčanika za prenos kretanja na mimoilazna vratila dat je na slici 17.20.16. i uprošćen ortogonalni prikaz ovih zupčanika. Pošto se ovde zupčanici fizički zaklanjaju, deo zupčanika koji se ne vidi crta se isprekidanom linijom.



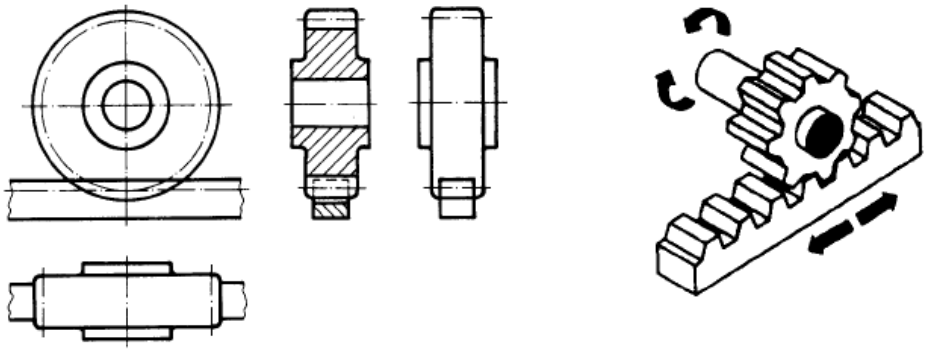
Slika 17.20.16. Aksonometrijski i ortogonalni prikaz hiperboloidnog zupčastog para

Kosa slika i ortogonalni pogledi cilindričnog zupčastog para sa unutrašnjim ozubljenjem data je na sl. 17.20.17..



Slika 17.20.17. Kosa slika i ortogonalni pogledi cilindričnog zupčastog para sa unutrašnjim ozubljenjem

Zupčanik u sprezi sa zupčastom letvom, aksonometrijski prikaz i ortogonalni pogledi, dat je na sl.17.20.18.



Slika 17.20.18. Zupčanik u sprezi sa zupčastom letvom, aksonometrijski prikaz i ortogonalni pogledi

Zupčanici manjih dimenzija izrađuju se izjedna sa vratilom. Način crtanja takvog zupčanika dat je na sl. 17.20.19.



Slika 17.20.19. Crtanje jednodelnih mali zupčanika sa rukavcima

2. Prednosti zupčastih prenosnika su:

- jednostavno izvođenje
- tačan kinematski prenosni odnos
- male dimenzije
- visoki stepen iskorišćenja (izuzimajući pužne prenosnike) ($\geq 0{,}98$)

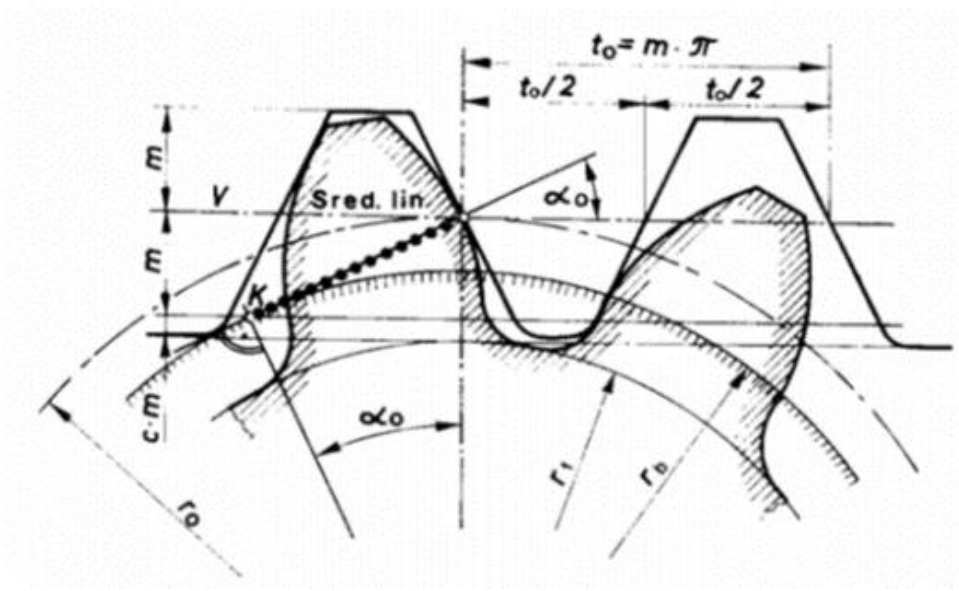
3. Nedostaci zupčastih prenosnika su:

- velika krutost u prenošenju snage
- vibracije i buka u toku rada

Zbog toga zahtevaju elastičnu spojnicu na ulazu ili pogon preko kaišnog prenosa.

4. Geometrijske mere cilindričnih zupčanika

Linija koju opisuje tačka dodira profila zubaca u toku sprezanja naziva se dodirnica profila (sl. 17.20.20.) tačkasti deo linije do tačke K)



Slika 17.20.20. Osnovne veličine pri sprezanju zupčanika

Modul (m) je polazni podatak za odredjivanje geometrijske veličine zupčanika. Mogu se sprezati samo zupčanici istih vrednosti modula. Standardni moduli dati su u SRPS M.C1.015.

Korak profila (t_0) je rastojanje istog mesta na profilu dva susedna zupca mereno po tangenti podeonog kruga čiji je prečnik ($d_0=2r_0$).

Polovina koraka ($t_0/2$) je širina zupca odnosno medjuzublja po pravoj liniji (osnovnoj liniji zupčaste letve) – sl. 5.33.
Kako je obim:

$$O = d_0 \cdot \pi \text{ ili } O = t_0 \cdot z \text{ biće: } d_0 = \frac{t_0}{\pi} \cdot z = m \cdot z$$

Sada je:

- prečnik temena zubaca $d_t = d_0 + 2m$
- prečnik podnožja zubaca $d_p = d_0 - 2{,}4m$
- osnovni prečnik $d_b = d_0 \cdot \cos\alpha_0$

čija je tangenta dodirnica profila, a (α_0) ugao dodirnice na osnovnoj (podeonoj) kružnici, za standardni profil $\alpha_n = 20^0$.
Oblik profila zubaca je evolventa kruga koja nastaje kotrljanjem po osnovnoj kružnici prave čije tačke opisuju evolventu.

Osno rastojanje:

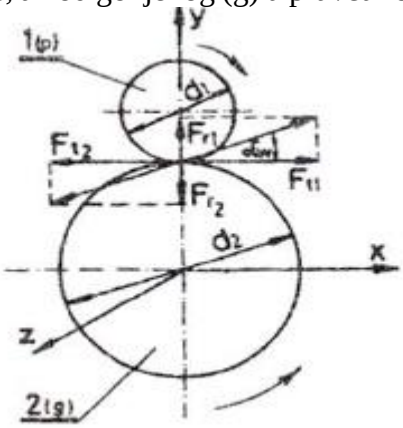
$$a = \frac{d_{01} \pm d_{02}}{2}$$

gde je:
+ - za sprezanje zupčanika sa spoljašnjim ozubljenjem
- - sprezanje zupčanika sa jednim spoljašnjim i jednim unutrašnjim ozubljenjem

Kod cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima bočne linije zubaca paralelne su sa osama zupčanika, dok kod kosih zaklapaju ugao (β) manji od 30^0, jer se sa povećanjem ovog ugla povećava i aksijalna sila. S toga se kod većih opterećenja upotrebljavaju zupčanici sa strelastim zupcima, kako bi se aksijalne sile stvorene sa jedne i druge strane zupca poništile.

5. Analiza opterećenja kod cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima

Pretpostavlja se da su težine zupčanika mnogo manje u odnosu na sile koje ih opterećuju i zato se ne uzimaju u razmatranje. Analizirajmo silu kojom jedan zubac pogonskog zupčanika (1) deluje na zubac gonjenog (2) sa kojim se spreže (sl. 17.20.21.). Sila je upravna na bok zupca (ovde nisu nacrtani zbog preglednosti crteža), i zaklapa sa tangentom podeonih krugova, koji su prikazani na slici 17.20.21. da se dodiruju, ugao dodirnice aw. Kod pogonskog zupčanika (p) je obimna sila (Ft) usmerena suprotno smeru njegove rotacije, a kod gonjenog (g) u pravcu rotacije (sl.17.20.21.).



Slika 17.20.21: Analiza opterećenje cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima

Kod prenosnika sa neposrednim dodirom (frikcioni i zupčasti), poznavati

- smer obrtanja
- karakter elemenata (pogonski i gonjeni)
- tačku (ugao)dodira spregnutih elemenata

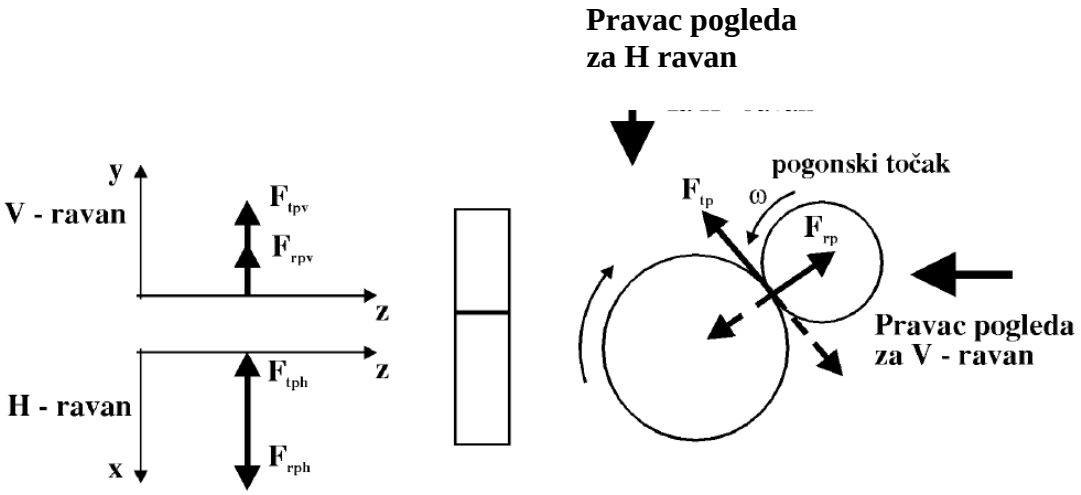
Frikcioni prenosnik

- radijalna sila : $F_r = F_m = \frac{\nu_k \cdot F_t}{\mu}$
  - Pravac-u pravcu poluprečnika točka
  - Smer- od točka dodira ka centru točka
- obimna sila:

$$F_t = \frac{2 \cdot M_t}{D} \quad M_t = \frac{P}{\omega} \quad \omega = \frac{2\pi n}{60}$$

  - Pravac-u pravcu tangente u tački dodira
  - Smer - kod pogonske suprotno smeru obrtanja
    - kod gonjenog u smeru obrtanja

P- snaga [W]
ω- ugaona brzina [s^{-1}]
n – broj obrtaja [o/min]



17.21. ZUPČANICI SA PRAVIM ZUBIMA

javljaju se dve sile:

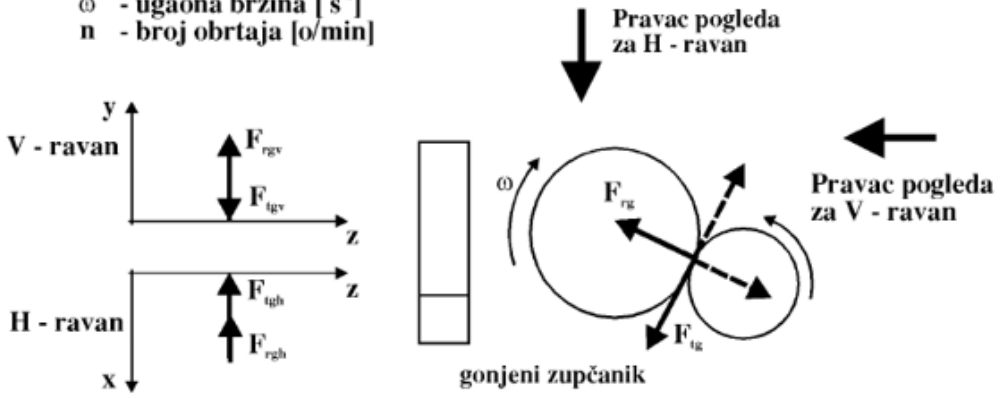
- radijalna $F_r = F_t \cdot \operatorname{tg}\alpha$

Pravac - u pravcu poluprečnika točka
Smer - od tačke dodira ka centru točka

- obimna $F_t = \frac{2M_t}{D}$ $M_t = \frac{P}{\omega}$ $\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$

Pravac - u pravcu tangente u tački dodira
Smer - kod pogonskog suprotno smeru obrtnja
- kod gonjenog u smeru obrtanja

P - snaga [W]
ω - ugaona brzina [s^{-1}]
n - broj obrtaja [o/min]



17.22. CILINDRIČNI ZUPČANICI SA KOSIM ZUPCIMA

javljaju se sile:

- radijalna $F_r = F_t \cdot \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos\beta}$

Pravac - u pravcu poluprečnika točka
Smer - od tačke dodira ka centru točka

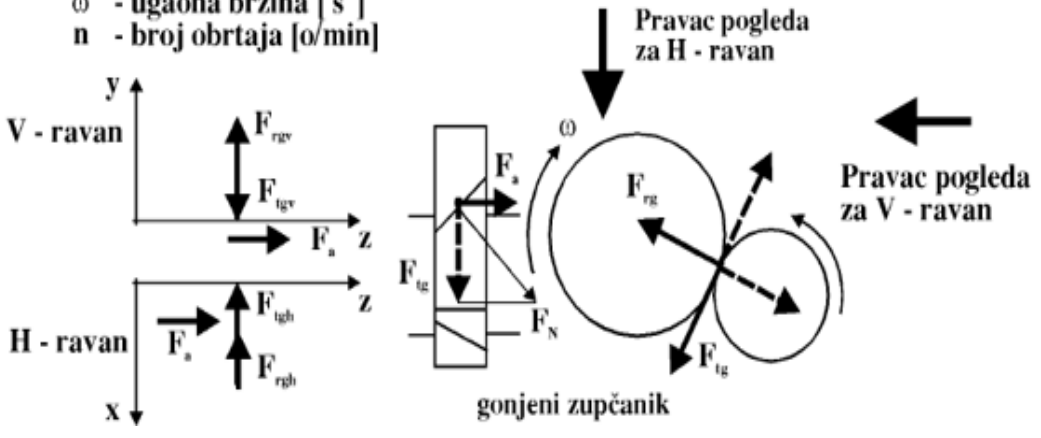
- obimna $F_t = \frac{2M_t}{D}$ $M_t = \frac{P}{\omega}$ $\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$

Pravac - u pravcu tangente u tački dodira
Smer - kod pogonskog suprotno smeru obrtnja
- kod gonjenog u smeru obrtanja

- aksijalna sila $F_a = F_t \cdot \operatorname{tg}\beta$

Pravac - paralelan vratilu zupčanika
Smer - posebno se određuje

P - snaga [W]
ω - ugaona brzina [s^{-1}]
n - broj obrtaja [o/min]



Vrste zupčastih prenosnika

Ekonomičnost konstrukcije odredjuje prenosni odnos, tako da je obično do:
i = 6 - jednostepeni
i = 25 - dvostepeni
i > 25 - višestepeni

1. **Oblici razaranja bokova zubaca**

Usled nedovoljnog podmazivanja i temperaturnih dilatacija, odstupanja mera i oblika, nepravilne montaže i sl., radni naponi mogu postaći veći od čvrstoće zubaca što dovodi do različitih oblika njihovog razaranja.

1) Razor (rupice) – slika 17.22.1. pod a, predstavlja glavni vid razaranja kao posledica zamora materijala, a ispoljava se u pojavi rupica nepravilnog oblika različitih veličina i dubina i to posebno oko sredine i prema podnožju zupca. Prethodi je pojava sitnih pora tamnosive boje. Rupice mogu dovesti do loma zubaca usled izazvane koncentracije napona i do povećanja unutrašnjih dinamičkih sila i vibracija.

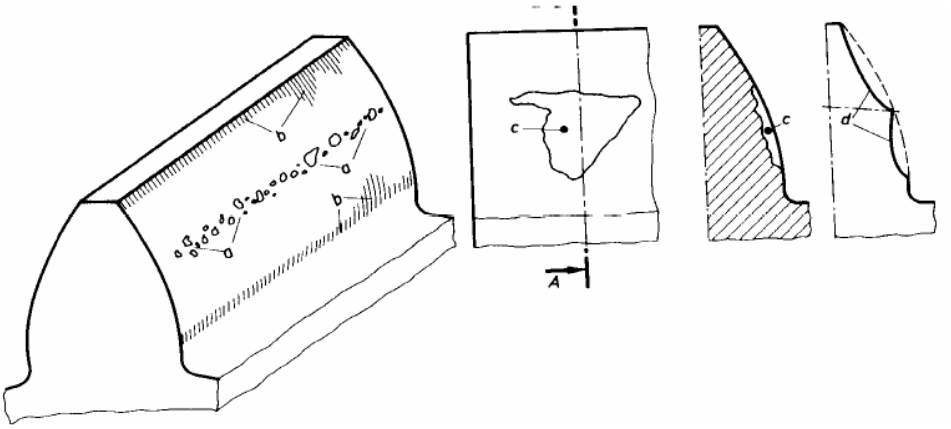
2) Otcepljenje (sl. 17.22.1. pod c) predstavlja razor sa znatno više oljuštenih delova. Nastaje prvenstveno usled nehomogene strukture materijala u toku izrade ili pri termičkoj obradi.

3) Zaribavanje (sl. 17.22.1.pod c) naročito izraženo u periodu ulaženja i izlaženja parova zubaca iz sprege. Manifestuje se u vidu brazdi, zareza i pruga duž profila zubaca različitih dubina. Nastaje usled prekida filma ulja na bokovima zubaca zbog kratkotrajnog opterećenja. Može biti "toplo" zaribavanje pri velikim brzinama klizanja i "hladno" pri malim brzinama klizanja, i to pri obimnim brzinama manijm od 4m/s. Smanjuje se upotrebom EP-ulja (uglavnom za vrlo visoke pritiske).

4) Habanje (piting, (sl. 17.22.1.pod d)) je neprekidan proces kod svih parova; pozitivan samo u toku razrade jer omogućava ravnomernu raspodelu duž linije dodira. Kritičan obim u toku rada postiže se kod sporohodnih zupčanika pri brzinama manjim od 0,5m/s. Manifestuje se izdubljenjima na bokovima izmedju podnožne odnosno temene i kinematske kružnice.

5) Abrazivno habanje se javlja usled nečistoća (tvrdih čestica) u ulju za podmazivanje (opiljci, mineralne čestice i sl.). Izaziva brzo razaranje bokova i usled se toga u procesu razrade prenosnika ulje brže menja.

6) Prskotine na zupcima se javljaju usled grešaka pri kaljenju i neodgovarajućih uslova brušenja.



Slika 17.22.1. Oblici razaranja bokova zubaca

2. Materijal za izradu zupčanika

Koriste se uglavnom konstruktivni čelici: Č.0545, Č.0645 i sl., kao i ugljenični legirani i to za poboljšanje: Č.1330, Č.1530, Č.4130 i za cementaciju: Č.1120, Č.1220, Č.4120 i Č.4320.

Osnovni kriterijumi - potrebna čvrstoća bokova i podnožja zupca.

Zupčanike od konstruktivnih čelika jeftinije je koristiti za manja opterećenja, kao i čelike za poboljšanje gde je dovoljna manja čvrstoća bokova zubaca; dok se čelici za cementaciju koriste gde je potrebna velika čvrstoća bokova i podnožja zubaca. Za velike gabarite koriste se liveni materijali: ČL.0500, ČL.0600, SL.20, ili se upotrebljavaju samo za telo zupčanika na koje se postavlja venac od čelika, bronze ili Al za pužne zupčanike.

17.23. PUŽNI PAR

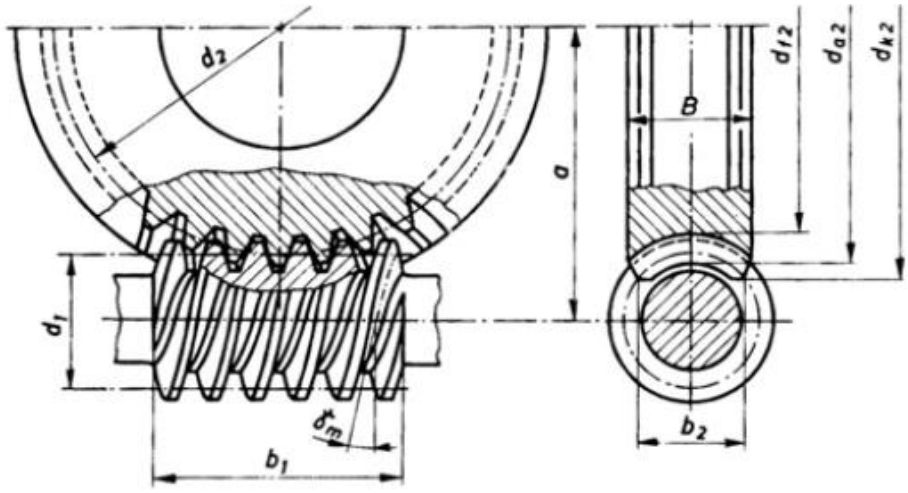
Kod pužnog para ose vratila se mimoilaze (sl. 17.23.1.) i prenosni odnos je: i > 5. Puž se izradjuje obično izjedna sa vratilom, a sprezanje sa zupčanikom odgovara principu zupčanik - zupčasta letva ($\alpha_0 = \alpha_n = 20^0$, visina zupca h = 2,2m):

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

gde su:

z_1 - br. hodova puža, ceo br. < 5, da bi mere pužnog zupčanika bile manje i da bi se omugućilo sprezanje sa pužem

z_2 - br. zubaca zupčanika



Slika 17.23.1.: Sprezanje puža sa pužnim zupčanikom

Ukoliko je prenosni odnos manji br. hodova mora biti veći, a time i stepen iskorišćenja. Prečnici: osnovnog, temenog i podnožnog kruga puža (1) i zupčanika (2) su:

$d_{01} = m \cdot q$, $d_{02} = m \cdot z_2$

gde je:

q = 8÷16 - br. modula u prečniku podeonog kruga.

$d_{t1} = d_{01} + 2 \cdot m$, $d_{t2} = d_{02} + 2 \cdot m$,

$d_{p1} = d_{01} - 2{,}2 \cdot m$, $d_{p2} = d_{02} + 2{,}2 \cdot m$.

17.24. PUŽNI PRENOSNIK

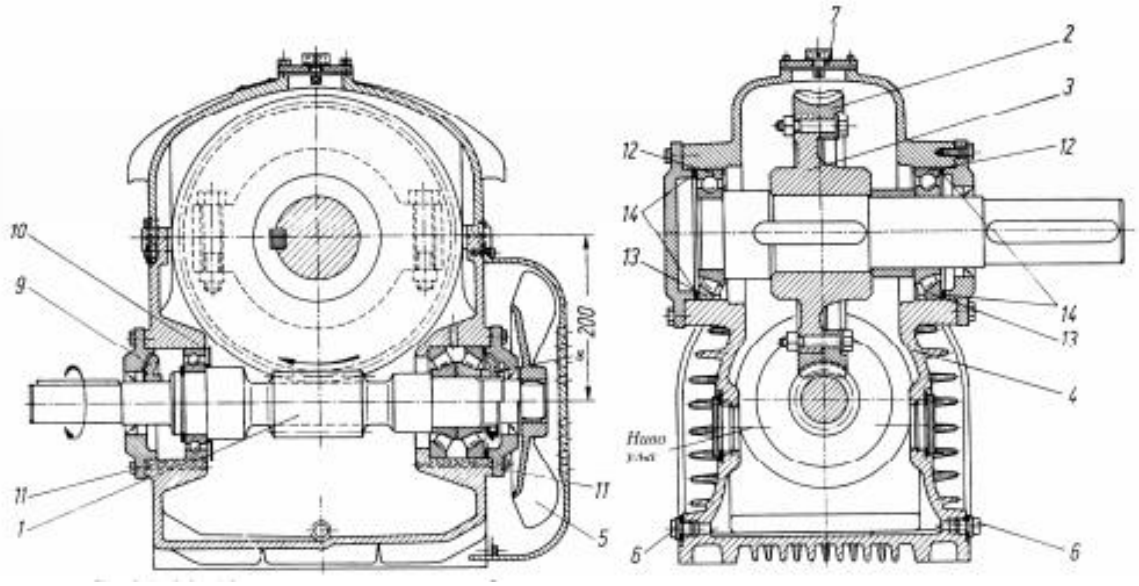
Pužni par je hiperbolidni zupčasti par kod ojih se ose najčešće ukrštaju pod uglom od 90º. Mali zupčanik kod pužnih zupčastih parova se naziva puž i ima oblik sličan navojnom vretenu. Veliki zupčanik se naziva pužni zupčanik i prilagođen je obliku puža. Puž može biti cilindrična ili globoidni. Na slici 17.24.1. prikazan je spregnutni pužni prenos, a na sl.17.24.2 prikazan je nači crtanja pužnog prenosnika sa kućištem.

1. **Osnovne karakteristike pužnih parova su sledeće:**
   - ostvaruje velike prenosne odnose pri jednostepenom prenosu i to: pri redukciji u=5-70(15-70) i pri multipliaciji n=5-15
   - usled linijskog dodira spregnutih bokova praćeno relativnim klizanjem dolazi do sniženja unutrašnjih dinamičkih sila i prigušenja vibracija

- zahtvati većeg broja zuba (višestruka sprega) omogućuje veću nosivost pužnih prenosnika
- stepen iskorišćenja pužnih preosnika je relaivnomali i kreće se od 0,5 kod multiprikatora do 0,9 kod rekutora
- veliko klizanje zuba u sprezi ograničava brojeve obrtaja kao i snagu koju mogu prenosit
- primenjuje se za brojeve obrtaja do 3000min-1 i manja osna rastojanja od 160mm
- maksimalni mogući obrtni moment na pužnom zupčaniku T=2-106 (Nm) a obimna sila može biti do Ft=800 kn
- prečnik pužnog zupčanika može biti do 2000 mm
- puž može imati levu i desnu zavojnicu što omogućuje promenu smera obrtnog pužnog zupčanika bez konstrukcionih izmena



Slika .17.24.1. Pužni vijak i pužno zupčanik čine pužni prenos

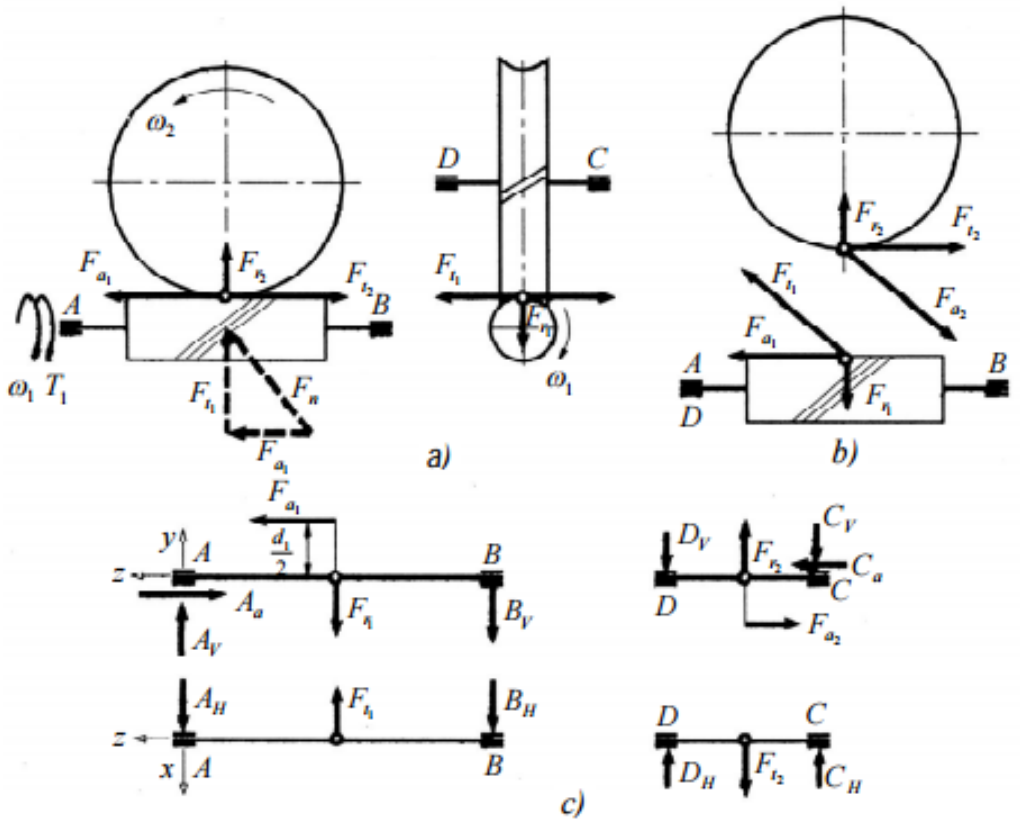


Slika .17.24.2. Konstrukcionom izvođenje pužnog prenosnika sa pužem postavljenim sa donje strane i ventilatorom za hlađenje

Nominalna snaga 25kW; n1=1500 min^{-1}; u = 20. Oznake: 1 – puž tipa izrađen od čelika za cementaciju, brušen ZC,; 2 – pužni točak od kalajne bronze; 3 –telo pužnog zupčanika od konstrukcionog čelika ; 4 – kućište sa rebrima izrađeno od SL 200;5 - ventilator; 6 – otvor za ispuštanje ulja; 7 - poklopac; 8 – radijalni prsten za zaptivanje; 9-dodatni zaptivni prsten ; 10 – centrifugalni prsten: 11 – kanal za vraćanje ulja; 12 – prstenasti klizni ležaj za manja opterećenja; 13 – prstenasti konično-valjčasti ležaj za veća opterećenja ; 14 – distantni prsten za aksijalno podešavanje pužnog točka

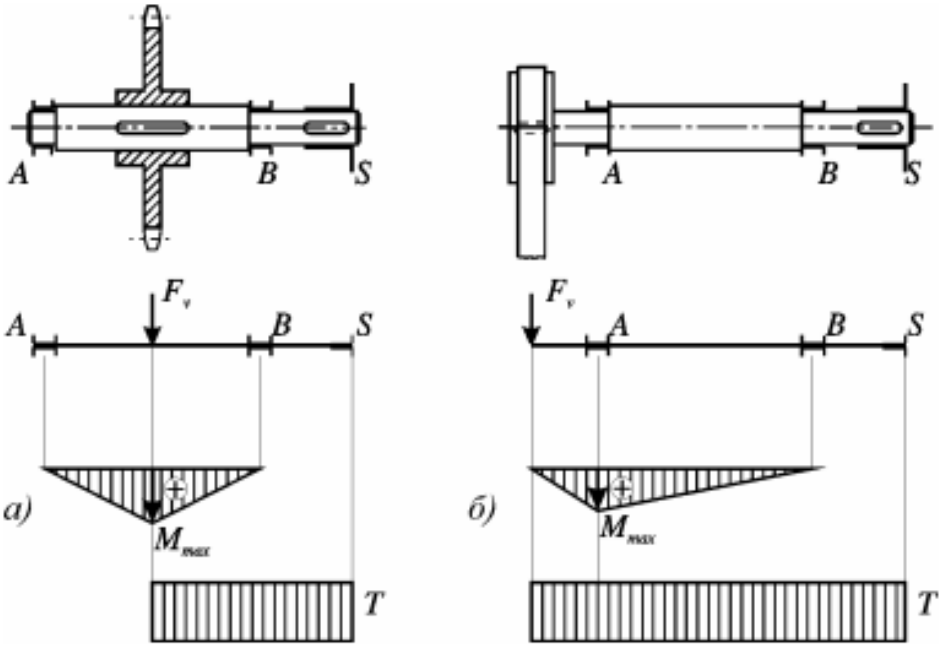
17.25. OPTEREĆENJE VRATILA SA PUŽNIM ZUPČANICIMA

Kod hiperboloidnih zupčastih parova ose obrtanja vratila se ukrštaju. Kod pužnog para puž je najčešće pogonski pa je smer obimne sile F_{t1} suprotan smeru okretanja puža, odnosno za usvojeni koordinatni sistem ima smer i pravac x -ose. Isti pravac i intenzitet ali suprotan smer sa silom F_{t2} ima aksijalna sila F_{a1} pužnog zupčanika**,** slika 17.25.1.



Sl. 17.25.1. Opterećenje vratila sa pužnim zupčanicima

Isti je slučaj i sa obimnom silom Ft_2 pužnog zupčanika i aksijalnom silom Fa_1 puža. Smer sile Ft_2 poklapa se sa smerom okretanja pužnog zupčanika (pravac i smer z -ose), a sila 1 Fa ima isti pravac i intenzitet ali suprotan smer. Radijalne sile Fr_1 i Fr_2 deluju ka osama obrtanja sopstvenih zupčanika, odnosno vratila, (sl.17.25.2.). Izrazi za određivanje ovih sila dati su u tab. 1). ♦ Način određivanja aktivnih sila koje deluju na vratilo u slučaju da se na vratilu nalaze frikcioni točkovi identičan je kao i kod cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima (cilindrični frikcioni par) odnosno kod konusnih zupčanika (konusni frikcioni par). ♦ Kod kaišnika i lančanika vratilo je opterećeno radijalnom silom čiji pravac i smer odgovara položaju kaišnog odnosno lančanog prenosnika (sl.17.25.2.). Napred navedeni primeri predstavljaju jednostavne slučajeve kada se na vratilu nalazi samo po jedan element. Međutim u praksi vrlo često na vratilu je ugrađeno veći broj elemenata.



Sl. 17.25.2.. Opterećenje vratila od lančanika a) i kaišnika b)

S obzirom da osovine ne prenose obrtne momente, to sve sile i spregovi kojima su opterećeni leže u aksijalnim ravnima. Slično kao kod vratila, i osovine se u cilju određivanja opterećenja predstavljaju preko ravanskih modela grede sa aktivnim silama koje najčešće potiču od točkova doboša, koturača, a ređe od zupčanika, kaišnika, lančanika itd. Zatim se određuju otpori oslonaca odnosno sile koje opterećuju ležajeve. Ravanski model grede za osovinu prikazanu na sl. 1,b prikazan je na sl. 17.25.3..



Sl. 17.25.3. Ravanski model grede osovine

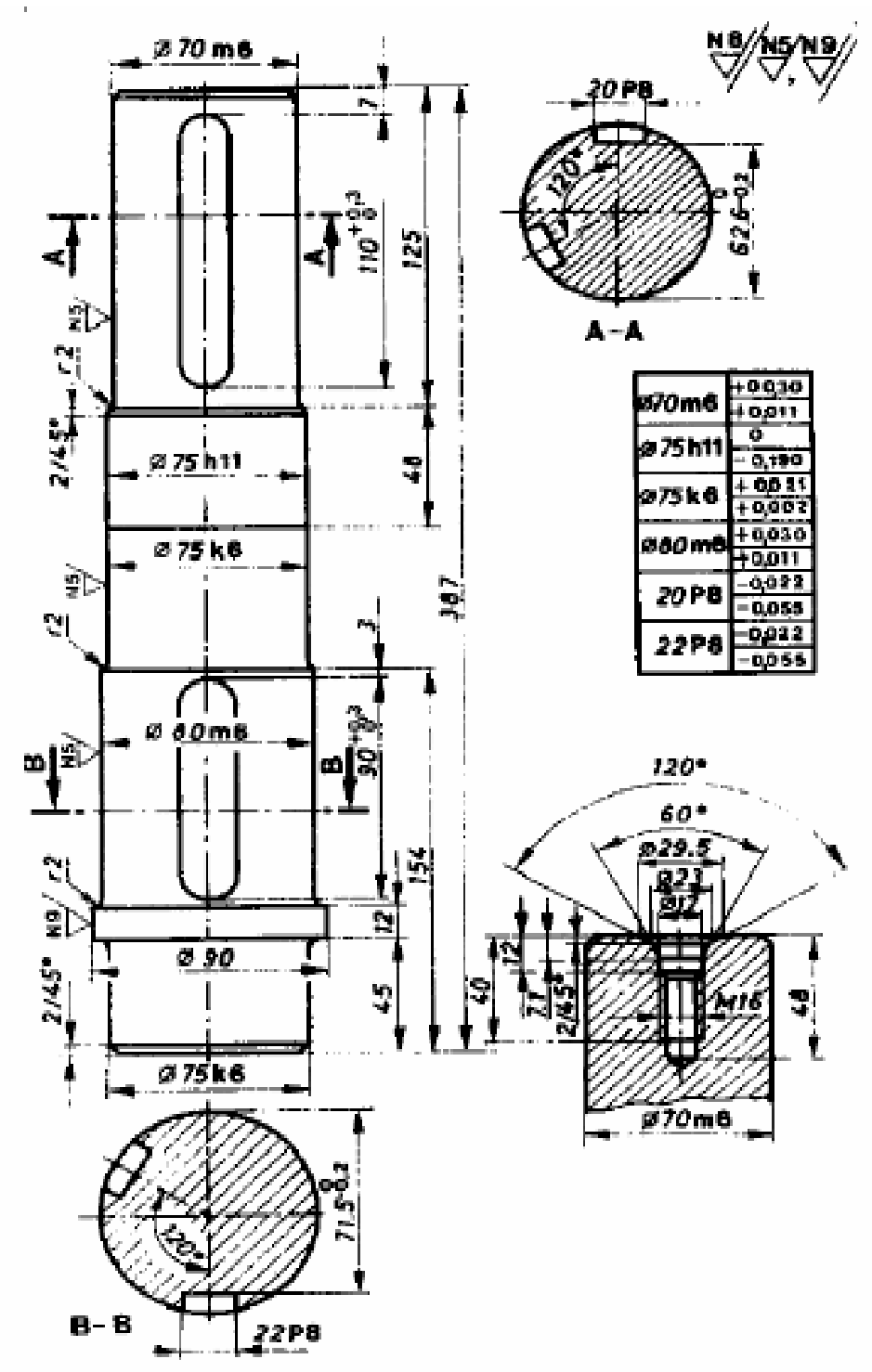
17.26. VRATILA I OSVINE

1. Vratila

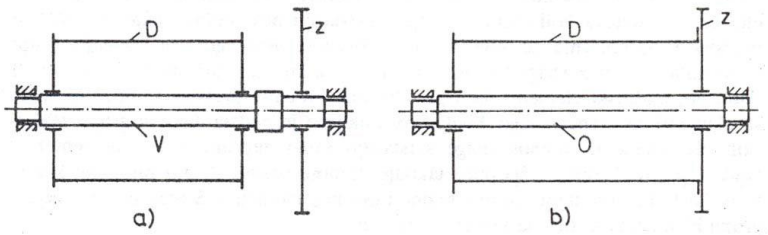
Na vratilima se nalaze elementi za prenos snage (zupčanici, kaišnici, lančanici, tarenice i dr.). Vratila omogućavaju obrtno kretanje ovih delova,

njihovo spajanje sa elementima za prenos snage koji se nalaze na drugim vratilima, a i time prenošenje obrtnog momenta. Usled uzajamnog dejstva obrtnih delova sa jednog i drugog vratila i same težine obrtnih delova, javljaju se uzdužne i poprečne sile, i obrtni momenti koji opterećuju vratila na savijanje, uvijanje i istezanje-pritisak. Osnovni oblik vratila je cilindrični sa promenljivim presekom (sl.17.26.1.), a može biti i sa konstantnim presekom iimati posebne oblike, ako se vratilo izradi izjedna sa obrtnim delovima. S obzirom na iskorišćenje materijala i napone najpovoljniji je prstenasti presek, ali sa obzirom na troškove izrade osnovni oblik je pun krug.

Na slici 17.26.1. prikazane su i tolerancije dužinskih mera pri kotiranju i tolerancije hrapavosti (kvaliteta) površina. Svi prečnici vratila na kojima imamo naleganja drugih elemenata kao i širine žljeba za klin imaju definisana tolerancijska polja. Takodje, delovi vratila na kojima imamo naleganja drugih elemenata su finije klase hrapavosti (N5), a oni gde nemamo naleganja su grublje klase hrapavosti (N9).



Slika 17.26.1. Izgled vratila sa promenljivim presekom



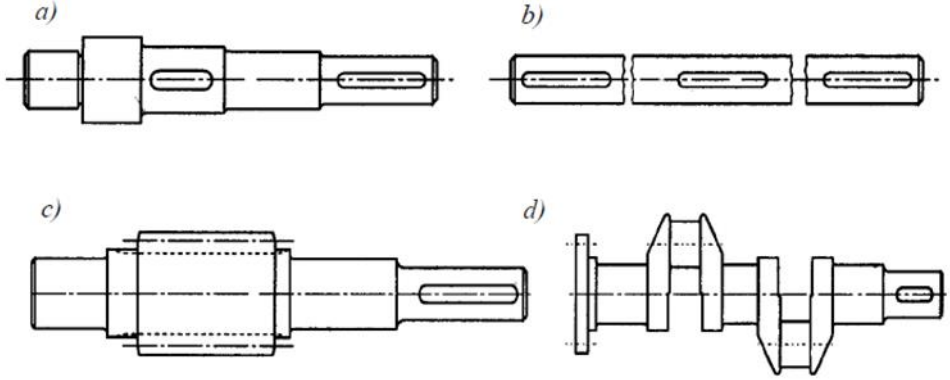
Slika 17.26.2. Uticaj načina prenošenja obrtnog momenta na opredeljenje nosača u grupu: vratilo (a) ili osovina (b)

Obrtni moment se preko zupčanika (Z), dovodi na vratilo (V), a preko njega do doboša (D) za namotavanje užeta (slika 17.26.2.a). Ovim je vratilo na delu izmedju zupčanika i doboša opterećeno na uvijanje. Drugi deo slike, varijanta pod (b), se razlikuje u tome što su zupčanik (Z) i doboš (D) spojeni. Obrtni moment se neposredno sa zupčanika prenosi na doboš, tako da vratilo nije opterećeno na uvijanje. S toga takav nosač predstavlja osovinu.
Prema funkciji koju obavljaju vratila se mogu razvrstati u tri grupe: vratila prenosnika snage, pogonska vratila rotora energetskih mašina i na specijalna vratila. Prvu grupu predstavljaju vratila koja su nosači: zupčanika, kaišnika, lančanika, spojnica, i sl. Mogu biti odvojena ili iz jednog komada sa obrtnim delom, na primer zupčanikom. Pogonska vratila rotora energetskih mašina koriste se za prenos obrtnog momenta kod elektromotora, pumpi, ventilatora, turbina i sl. Ova vrsta vratila po pravilu je izložena uvijanju, a izostaju poprečne sile i savijanje. Specijalna vratila se koriste za izvršavanje specijalnih funkcija u mašinskim sistemima. To su kolenasta vratila SUS motora, gipka odnosno savitljiva vratila koja se mogu u prostoru deformisati prema potrebi, kao i teleskopska vratila čija se dužina može menjati.

Prema obliku podužne ose vratila mogu biti prava (sa pravom podužnom osom) (sl.17.26.3.- a,b,c) i kolenasta (sa isprekidanom-izlomljenom podužnom osom) (sl. 17.26.3-d). Vratila i osovine najčešće imaju cilindričan oblik sa promenljivim ili konstantnim poprečnim presekom. U slučaju da se izrađuju sa obrtnim delovima mogu imati i poseban oblik.
Delovi vratila i osovina preko kojih se ostvaruje veza sa ležištima nazivaju se rukavci, a delovi preko kojih se ostvaruje veza sa obrtnim delovima koji se na njima nalaze nazivaju se podglavci. Osovine i vratila najčešće se izvode sa dva oslonca, odnosno sa dva rukavca. Dugačka i jače opterećena vratila mogu biti i sa većim brojem rukavaca. Prema svom obliku rukavci

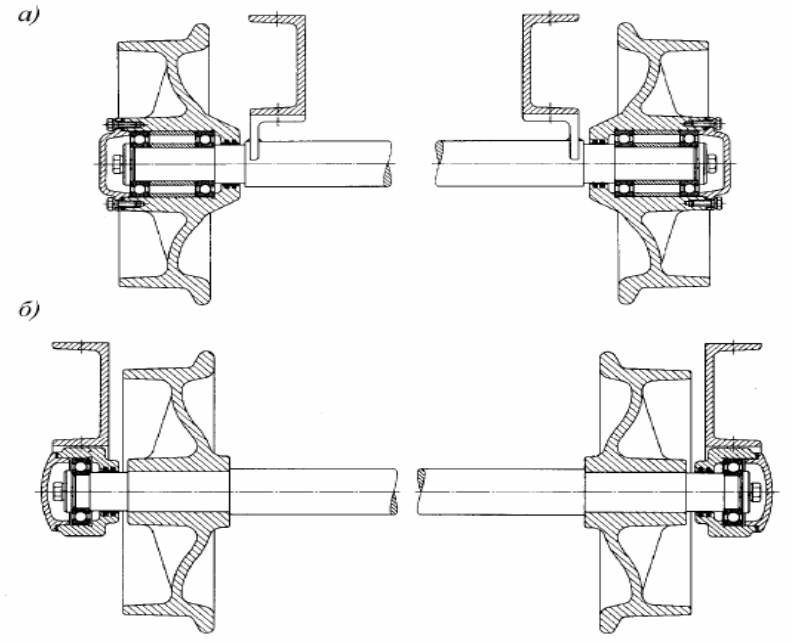
mogu biti cilindrični, konični i sferni, a prema položaju na vratilu: spoljašnji i unutrašnji.
Za razliku od osovina, vratila, pored uzdužnih i poprečnih sila, prenose i snagu, odnosno obrtni moment. Zbog toga su vratila izložena složenom naprezanju (savijanje, uvijanje i zatezanje-pritisak).

Prema podužnoj osi vratila se dele na prava i kolenasta.

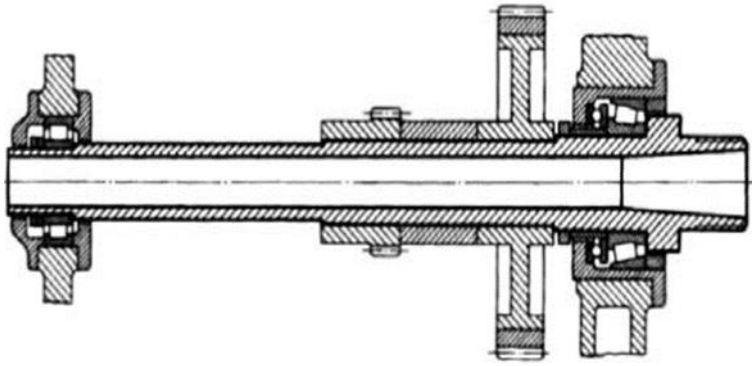


Slika 17.26.3.. Konstrukcioni oblici vratila: a) stepenasto; b) glatko; c)izrađeno izjedna sa zupčanikom; d) kolenasto

Na slici 17.26.4. prikazani su razni oblici vratila železničkih vozila sa i bez obrtanja, a slika 17.26.5. prikazuje pinolu- šuplje vratilo struga sa dva zupčanika.

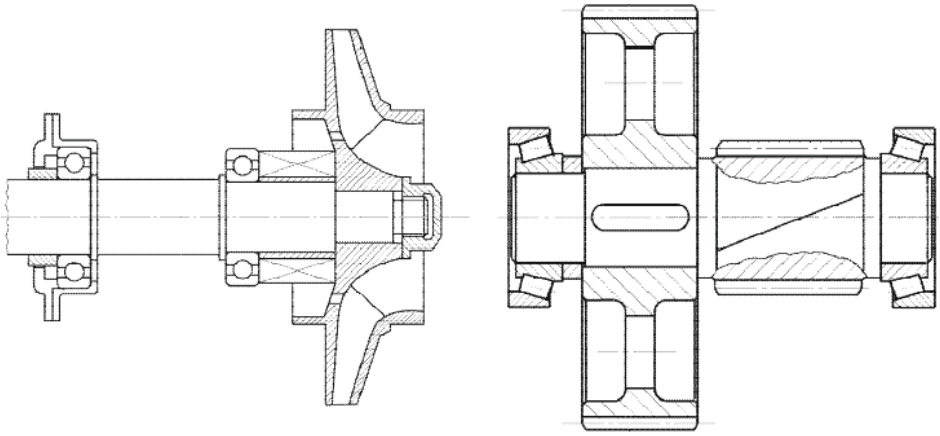


Slika 17.26.4. Vratila železničkih vozila



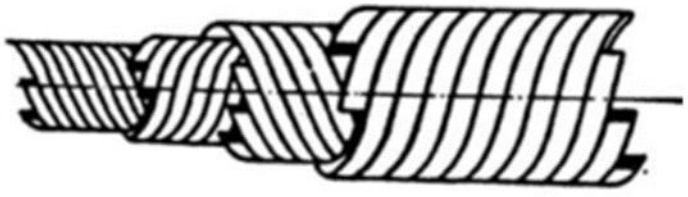
Slika 17.26.5. Šuplje vratilo s dva zupčanika

Osovina i vrtailo sa pogonskim elemntima 17.26.6. koji su satavni delovi mjenjača tokarskog struga.

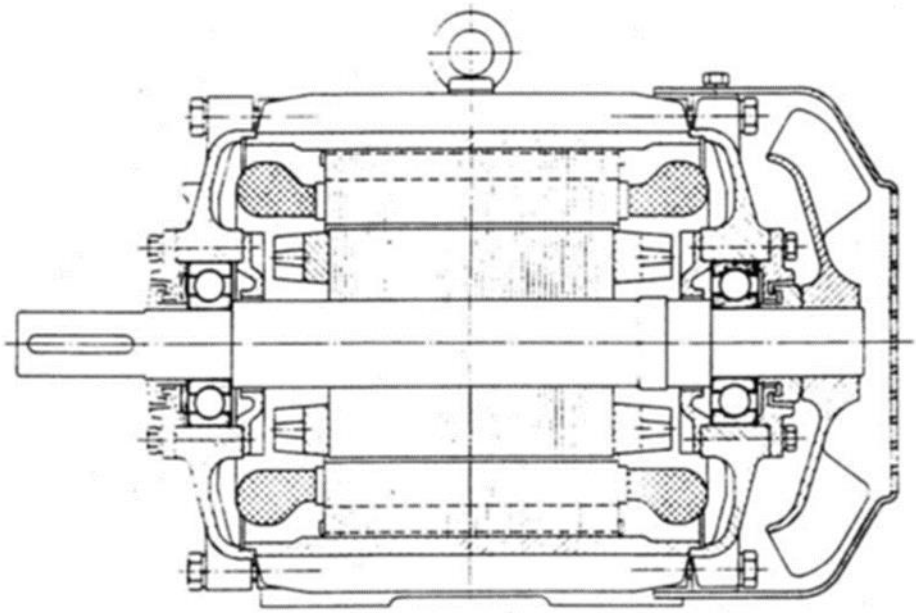


Sl. 17.26.6. Primeri osovina i vratila

Gipka vratila su od pletene žice i mogu da rade savijajući se u svim pravcima; koriste se za manje snage npr. kod malih prenosnih brusilica, zubarske mašine i sl.17.26.7.



Slika 17.26.7. Gipko vratilo

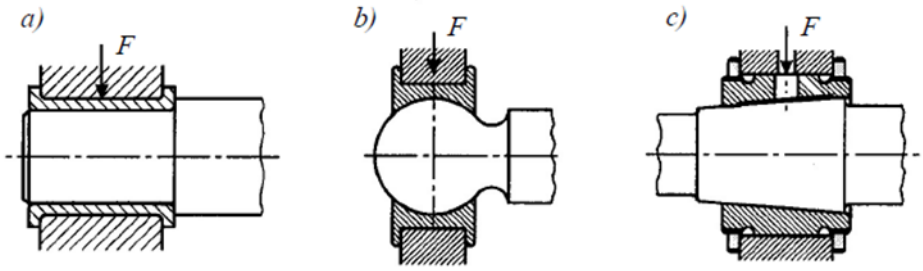


Slika 17.26.8. Primjer pravog vratila, odnosno vratila motornih mašina – vratilo elektromotora

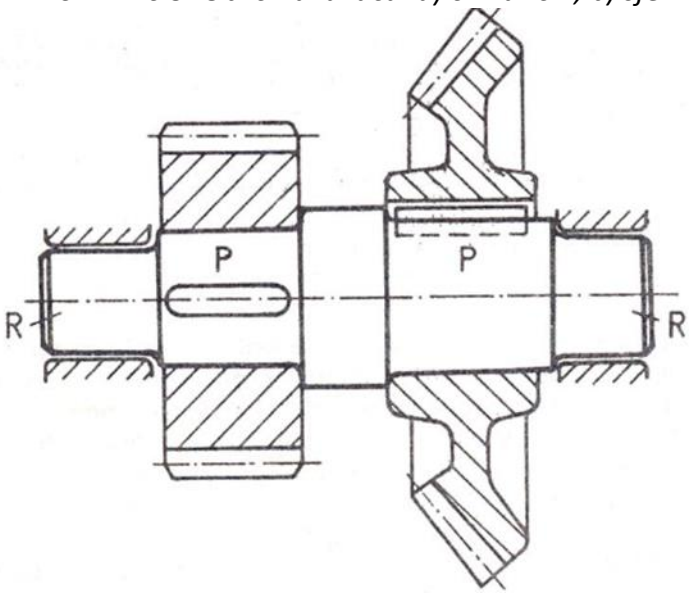
Rukavac

Rukavac (oznaka (R) na sl.17.26.9.) je mesto na vratilu gde se ono oslanja na oslonce, odnosno gde ulazi u ležaj. Da bi se smanjio otpor klizanju obradjuju se finim struganjem ili brušenjem, a da bi se povećala površinska tvrdoća često se prethodno izlažu termohemijskim obradama: nitriranjem ili cementaciji. Ovo je sve u cilju smanjenja habanja kojem su izložena usled opterećenja. Podglavci (oznaka (P) na sl. 17.26.10.) su mesta
na vratilu gde se oslanjaju glavčine obrtnih delova: elementi za prenos snage, spojnice, doboši i sl, koji se nalaze na njemu. Ako je veza obrtnog dela i vratila ostvarena putem klina, onda se u podglavku vratila izradjuje žljeb za klin

***Prema pravcu delovanja sile rukavci mogu biti*:**
a) radijalni, i
b) aksijalni.



Sl.17.26.9. Oblici rukavaca: a) cilindrični; b) sferni; c) konični



Slika 17.26.10. Podglavci (P) i rukavci (R) vratila

2. Osovine

Osovine su mašinski elementi za kružno kretanje i služe kao nosači drugih mašinskih delova. Mogu biti pune i šuplje. Radi smanjenja mase i uštede materijala osovine se proizvode kao stepenaste a izrađuju se od žilavih konstrukcionih čelika. Na slikam 17.26.11., prikazana je osvina železničkog vozila a na sl 17.26.12. prikazan je bregasta osvina motornog vozila. Osovina mašina za obradu drveta sa kućištem prikazan je na slici 17.26.13.

Osovine predstavljaju nosače obrtnih mašinskih delova kao što su točkovi, doboši, zupčanici, kaišnici i drugo. One mogu biti pokretne i nepokretne. Pretežno su opterećene na savijanje, a u manjoj meri na savijanje, smicnje i zatezanje.

Vratila za razliku od osovina prenose obrtne momente, stalno se okreću i opterećena su na savijanje i uvijanje.

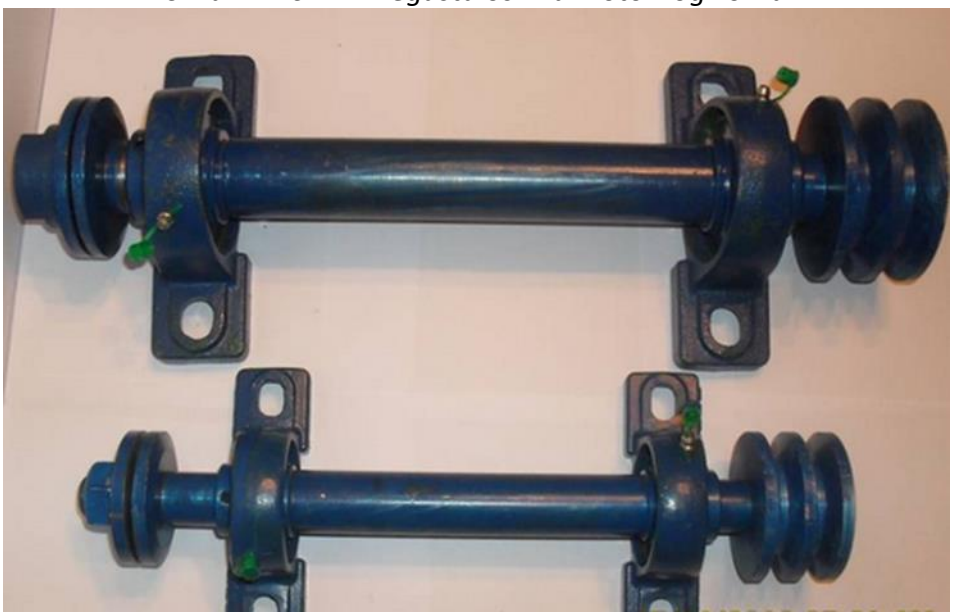


Gde je: 1-rukavac, 2-ojačani deo

Sl. 17.26.11. Jedan od konstrukcionih oblika osovina-puna



Slika 17.26.12. Bregasta osvina motornog vozila



Slika 17.26.13. Osvina cirkulara

Osovine su napregnute pretežno na savijanje, a u manjoj meri i na smicanje, pritisak, odnosno zatezanje. Nalaze primenu kao nosači točkova vagona, transportnih sredstava (kolica), prikolica, doboša itd. Osovine prenose samo uzdužne i poprečne sile. Dakle, osovine ne prenose snagu, odnosno obrtni moment. Vratila, takođe predstavljaju nosače mašinskih

delova, ali za razliku od osovina stalno se okreću i pri tome prenose obrtne momente. Zbog toga su pored savijanja izloženi i uvijanju.

Kao materijali za izradu vratila i osovina najčešće se primenjuju čelici i to:

1. Opšti konstrukcioni čelici (Č0445; Č0545 i Č0645)
2. Čelici za poboljšanje (Č1430; Č1530; Č3230; Č4131; Č4730...Č4734)
3. Čelici za cementaciju (Č1121; Č1221; Č4320; Č4321; Č5421 i Č4721)

Opšti i konstrukcioni čelici su manje izdržljivosti na čvrstoću i tvrdoću, ali se dobro obrađuju rezanjem. Daju veće prečnike vratila što povećava njihovu krutost.
Čelici za pobošanje su veće izdržljivosti na čvrstoću, a odgovarajuće temički obrađeni i veće tvrdoće. Primenjuju se za osovine i vratila kod vozila i motora, teških alatnih mašina, kod turbina gde se javljaju znatna opterećenja.
Čelici za cementaciju se koriste u specijalnih slučajevima kod brzodhodnih vratila čiji su rukavci izloženi intenzivnom habanju kod kliznih ležajeva.
Primenom visoko kvalitetnih legiranih čelika dobijaju se vratila manji prečnika sa smanjenom krutošću koja često dovodi do znatnih elasitčnih deformaija što kod brzodhonih vratila može biti uzrok njihove nestabilnosti.
Prava vratila i osovine prečnika do 150 mm najčešće se izrađuju kružnog preseka obradom na strugu i bušenjem. Manja opterećenja vratila mogu se izraditi i hladnim izvlačenjem. Stepenasta vratila manjih dimenzija se izrađuju kovanjem kao prethodnom obradom, a na kraju dorađuju struganjem i bušenjem. Pre završne obrade izrađuju se žlebovi za klinove , a posle se vrši termička obrada (cementacija i kaljenje) i na kraju fino brušenje, glačanje i poliranje.
Karakteristike izdržljivosti materijala za vratila i osovine date su u posebnom standardnom za ovu oblast mašinskih elementa.

17.27. OPTEREĆENJE VRATILA

Vratila su opterećena silama i spregovima od obrtnih delova koji se nalaze na njima, sopstvenom težinom vratila i delova, kao i inercijalnim silama usled neuravnoteženosti masa. Obzirom na funkciju, najvažnija opterećenja vratila su sile i spregovi, odnosno momenti savijanja i uvijanja koji potiču od obrtnih delova. Opterećenja vratila od sopstvene težine

mahom izazivaju vrlo male napone u odnosu na napone od spoljnih opterećenja, pa se najčešće zanemaruju. Poprečne inercijalne sile koje nastaju od težine masa, od obrtnih ekscentrično postavljenih masa, kao i od drugih na vratilo postavljenih elemenata mogu se takođe zanemariti pri radu sa manjim brojevima obrtaja. Pri većim brojevima obrtaja ove sile se povećavaju, tako da mogu biti mnogo veće od spoljašnjih opterećenja, odnosno sila na zupčanicima, kaišnicima, lančanicima itd.
S obzirom na funkciju vratila kao najvažnije opterećenje uzima se obrtni moment, koji se određuje izrazom:

$$T_n = 9549\frac{P}{n}\text{Nm}$$

gde je *n* broja obrtaja vratila u min-1, *P* snaka u kW, a *Tn* nominalnog obrtni momenta u Nm.Stvarni obrtni moment nije jednak nominalnom zbog dinamičkog uticaja pogonske i radne mašine na sistem. Stvarni moment je znatno veći od nominalnog i moguće ga je tačno odrediti samo merenjem. U praksi se pri proračunu napred navedeni uticaji uzimaju u obzir preko faktora radnih uslova *CA*, tako da je merodavni obrtni moment jednak:

$$T = C_A \cdot T_n$$

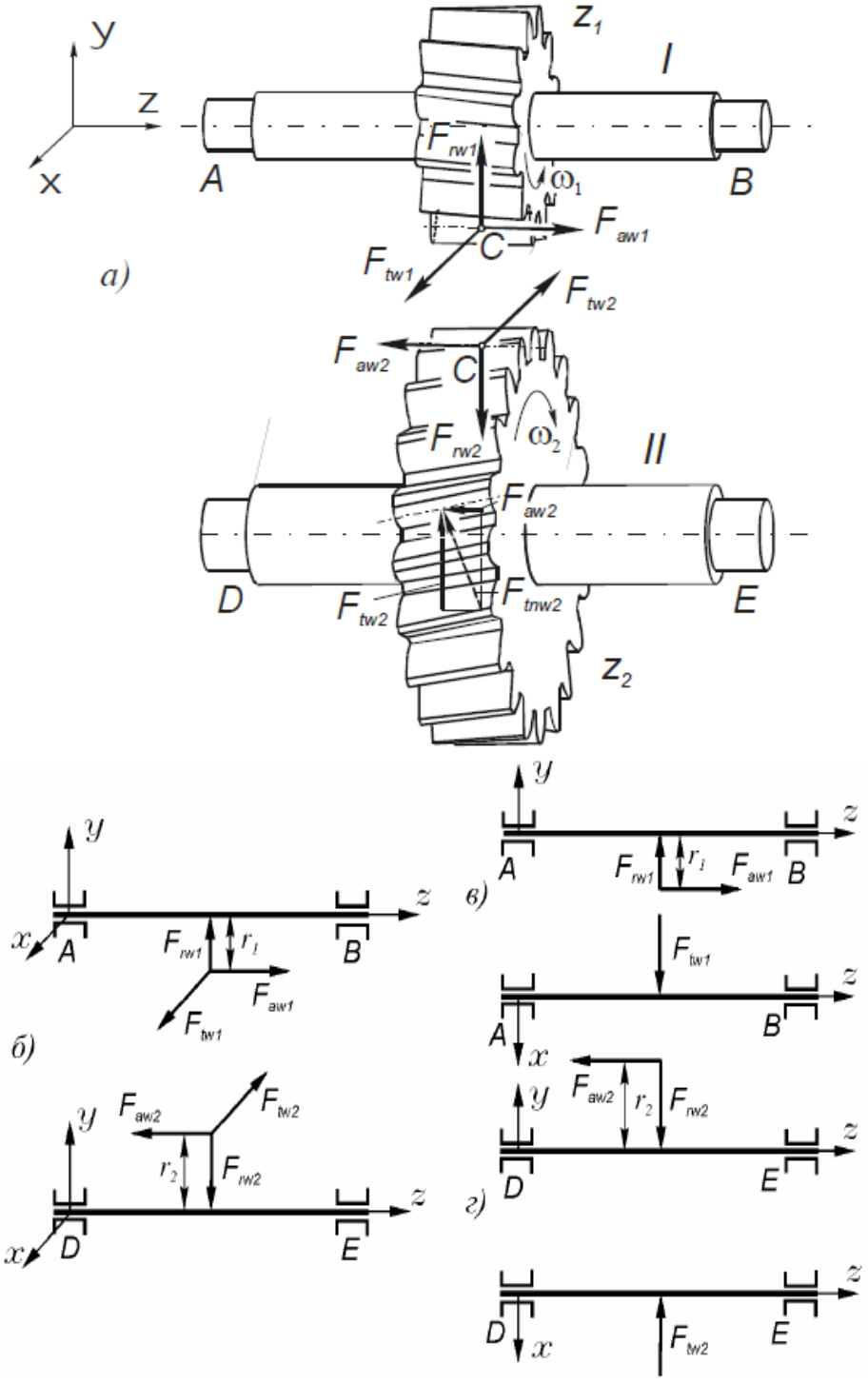
Prema karakteru opterećenja koja prenose na vratilo, svi obrtni mašinski delovi mogu se podeliti u dve grupe:

1. Prvu grupu čine delovi kod kojih poprečne sile kontinualno ili diskontinualno deluju po celom obimu. Pri tome se ove sile međusobno uravnotežavaju pa se kao rezultujuće opterećenje dobija obrtni moment i eventualno aksijalna sila duž ose vratila.
2. Drugu grupu obrtnih mašinskih delova čine oni kod kojih opterećenje deluje samo na jednom delu obima, što dovodi do opterećenja vratila ne samo obrtnim momentom već i dodatnim poprečnim silama.

17.28. STATIČKA ANALIZA OPTEREĆENJA VRATILA I OTPORI OSLONACA

Na sl. 17.28.1 prikazan je jednostavni prenosnik sa jednim cilindričnim zupčastim parom sa kosim zupcima. Ako je zupčanik z_1 pogonski, a zupčanik z_2 gonjeni, onda se za usvojene smerove okretanja mogu dobiti smerovi delovanja obimne *Ftw*, radijalne *Frw* i aksijalne sile *Faw*. Kao napadna tačka delovanja ovih sila uzima se tačka C na sredini linije dodira kinematskih cilindara zupčanika. Pogonski zupčanik dovodi u kretanje

gonjeni, tako da se smer obimne sile kod gonjenog zupčanika Ftw_2 poklapa sa smerom okretanja, a pogonski zupčanik prima silu suprotnog smera Ftw_1. Radijalne sile Frw_1 i Frw_2 deluju uvek ka osama obrtanja sopstvenih zupčanika odnosno vratila. Smerovi delovanja aksijalnih sila određuju se na osnovu smerova delovanja obimnih (tangentnih) sila i uglova nagiba zubaca zupčanika. Obimna sila u čeonom preseku zupčanika *Ftw* i aksijalna sila *Faw* su komponente obimne sile u normalnom preseku zupčanika *Ftnw*. Radi određivanja smera delovanja aksijalne sile Faw_2 treba "dovesti" obimnu silu Ftw_2 u vidljivu ravan (ravan yz na sl. 17.28.1.,a) i prikazati je kao komponentu obimne sile u normalnom preseku *Ftnw*. Druga komponenta je aksijalna sila Faw_2 i njen smer je jednoznačno određen nagibom zupca zupčanika z_2. Na sl.17.28.1..a, vektori sila Ftw_2 i Faw_2 korišćeni za utvrđivanje smera aksijalne sile prikazani su isprekidanom linijom. Sada može da se prikaže aksijalna sila Faw_2 u tački dodira kinematskih cilindara zupčanika C. Pogonski zupčanik z_1 prima aksijalnu silu Faw_1 istog pravca i intenziteta ali suprotnog smera. Koordinatni sistem *xyz* izabran je tako da se osa *z* poklapa sa osom vratila, osa *y* sa pravcem delovanja radijalnih sila, a osa *x* sa pravcem delovanja obimnih sila. Zupčanik z_1 sa vratilom i čini jednu rotacionu celinu, tako da se sve sile koje deluju na zupčanik z_1 preko vratila prenose na otpore oslonaca A i B. Na sl. 17.28.1,b prikazana su vratila *I* i *II* sa aktivnim silama koje na njih deluju. Ovo su prostorni sistemi sila i za izabrane koordinatne ravni *yz* i *xz* svode se na dva ravanski opterećena nosača, koja su za oba vratila prikazana na sl. 17.28.1.v,g. Kod cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima aksijalne sile su jednake nuli, a način određivanja obimnih i radijalnih sila je isti kao i kod zupčanika sa kosim zupcima.



Sl. 17.28.1.. Opterećenje vratila sa cilindričnim zupčanikom i kosim zupcima

1. **Radni napon**

Spoljašnja opterećenja, odnosno momenti i sile koje napadaju bilo koji presek vratila dovode do pojave radnih napona. Napadni moment savijanja dovodi do normalnog napona usled savijanja napadni moment uvijanja dovodi do tangencijalnog napona usled uvijanja,
aksijalne sile dovode do normalnih napona usled zatezanja, odnosno pritiska, a transferzalne do tangencijalnih napona usled smicanja. Pod predpostavkom da su svi naponi u oblasti elastičnosti, da je material homogen i da ne postoji promena preseka vratila, normalni napon za napred navedena naprezanja mogu da se odrede prema sledećim izrazima:

- Napon od savijanja:

$$\sigma_f = \frac{M}{W}$$

- Napon od uvijanja:

$$\tau_t = \frac{T_t}{W_p}$$

- Napon od zatezanja (pritiska):

$$\sigma_z = \frac{F_a}{A}$$

- Napon od smicanja:

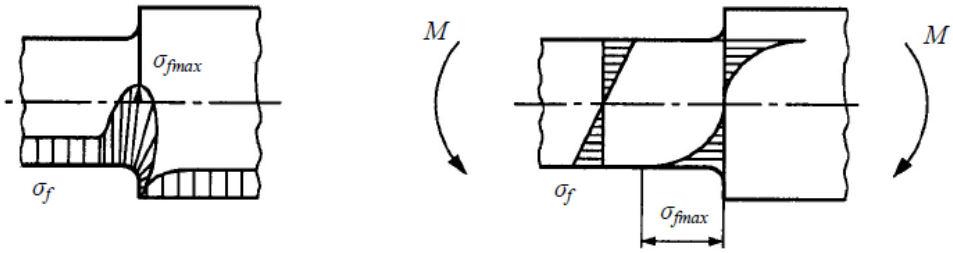
$$\tau_s = \frac{F_T}{A}$$

gde su:
M - napadni moment savijanja u Nmm,
T t- napadni moment uvijanja Nmm,
Fa - aksijalna sila u N,
F_T - radijalna sila u N,
W - aksijalni otporni moment preseka vratila mm^3, (tab. 2),
Wp - polarni otporni moment preseka vratila mm^3, (tab. 2).

17.29. KONCENTRACIJA NAPONA

Naponi određeni navedenim izrazima predstavljaju nominalne napone, odnosno dobijeni su pod uslovom da ne postoji promena preseka vratila i osovina. Ukoliko postoji promena preseka, odnosno oblika vratila i osovina onda dolazi do koncentracije tako da su stvarni radni naponi veći

od nominalnih, što se uzima u obzir pri proračunu preko faktora koncentracije napona.
Vratila i osovine su složenog oblika i kod njih se vrlo često iz konstrukcionih razloga izvode razni nasloni, žlebovi, navoji itd. Prema tome kod vratila je prisutan veliki broj izvora koncentracije napona, a najčešći izvor je promena prečnika vratila sl.17.29.1.



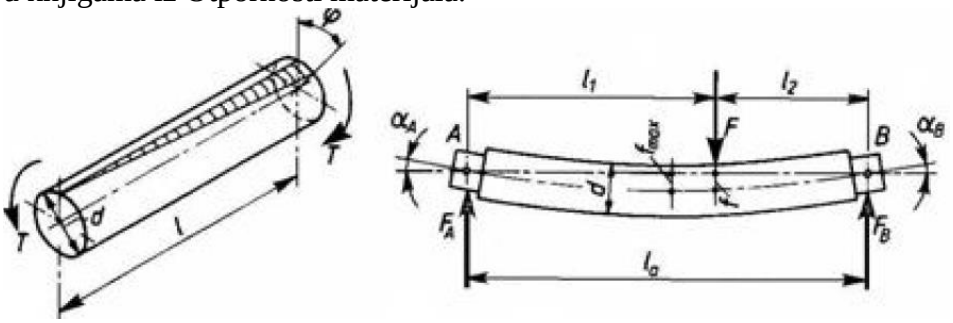
Slika 17.29.1.. Koncentracija napona

1. **Deformacije vratila i osovina**

Vratila i osovine su u toku rada izloženi relativno jakim naprezanjima što ima za posledicu i pojavu većih deformacija. S obzirom da kod ovih elemenata dominiraju naprezanja na savijanje i uvijanje to dolazi i do deformacija koja odgovaraju ovim naprezanjima.
Usled napona od savijanja ose vratila i osovina dobijaju oblik koji odgovara prostornoj elastičnoj liniji, a usled napona od uvijanja dolazi do uvijanja vratila. Prema tome osnovne veličine koje karakterišu ove deformacije su ugib f, nagib α i ugao uvijanja φ., sl.17.29.2.
Usled ovih deformacija dolazi do odstupanja stvarnog položaja delova koji se nalaze na vratilu u odnosu na geometrijski tačan položaj. Ovo ima za posledicu promenu geometrijskih odnosa delova koji se nalaze na vratilu što može imati presudan uticaj na njihov rad. To se naročito odnosi na zupčanike, ležaje, rotore nekih turbo mašina, itd. Uvijanje vratila dovodi do ugaonog odstupanja položaja obrtnih delova koji se na njemu nalaze, promenu kinematskih odnosa i neravnomernu raspodelu pritiska na spojevima vratila i delova na njemu.

Na osnovu napred izloženog sledi da pored dovoljne čvrstoće, vratila moraju da imaju i odgovarajuću krutost. Ukoliko deformacije vratila bitno utiču na funkciju obrtnih delova koji se na njemu nalaze, neophodno je izvršiti i proveru vratila i osovina po kriterijumu krutosti.
Kako se ovde radi o elastičnim deformacijama koje zavise samo od modula elastičnosti odnosno modula klizanja, to je krutost praktično zavisna od konstante. U tom smislu se za povećanje krutosti uzima veći poprečni presek vratila, pa se dovoljna čvrstoća vratila postiže i sa manje kvalitetnim

čelicima. Uz to ovi čelici su manje osetljivi na koncentraciju napona. Proračun krutosti vratila i osovina svodi se na određivanje elastične linije odnosno nagiba i ugiba vratila u pojedinim presecima odnosno određivanje ugla uvijanja. Proračuni se izvode po metodama koje su detaljno izložene u knjigama iz Otpornosti materijala.



Slika 17.29.2. Deformacije vratila usled uvijanja i savijanja

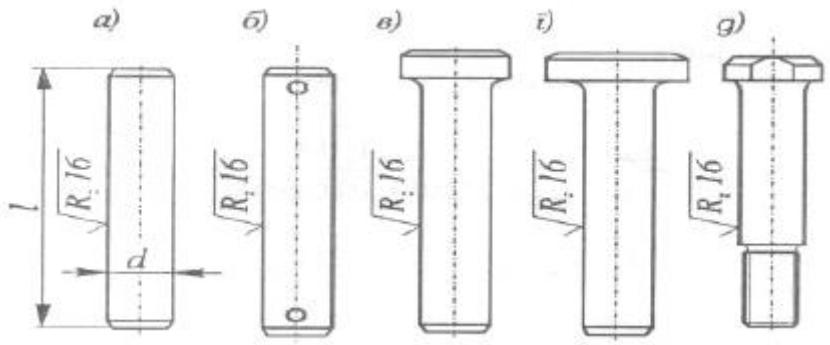
17.30. OSOVINICE

1. Funkcija i podjela osvinica

Osovinice služe za ostvarivanje pokretnih i nepokretnih mašinskih spojeva. Koriste se za ostvarivanje zglobnih veza , vođenja i centriranje mašinskih delova, kao i za osiguranje mašinskih delova od preopterećenja. To su mašinski elementi cilindričnog oblika male dužene u odnosu na prečnik. Na slici 17.30.1 prikazni su osnovni konstrukcioni oblici osvinica.

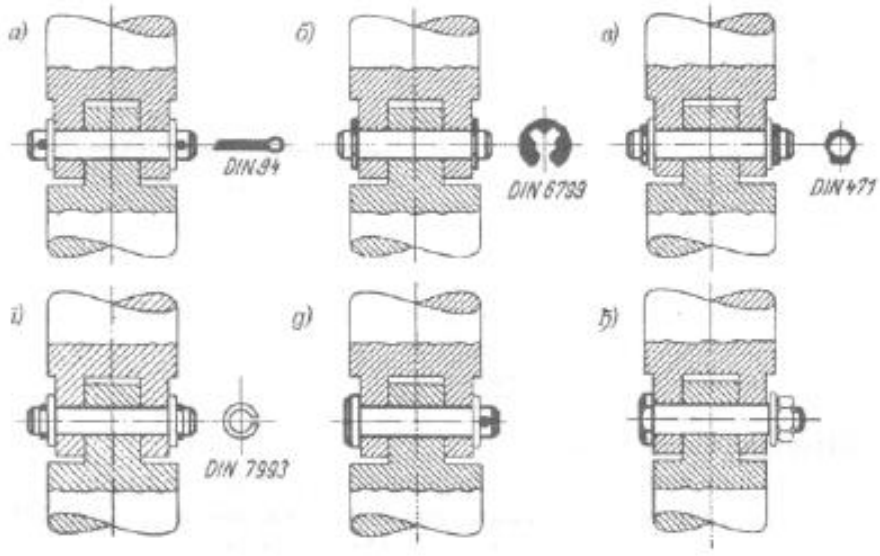
Mogu biti pune i šuplje sa sledećim konstrukcionim izvođenjem :

1. osovinice bez glave : oblik а bez poprečnog otvora i oblik б sa poprečnim otvorom, koji služe za osiguranje delova od aksijalnog pomeranja . Prvenstvo su predviđene za ostvarivanje zglobnih veza.
2. Osovinice sa cilindričnom glavom (oblik в i oblik г) su sa istom funkcijom i namenom kao i osovinice bez glave .
3. Osovinice sa šestougaonom glavom (д) i navojem za osiguranje spojenih delova od aksijalnog pomeranja su prvenstveno predviđene za ostvarivanje čvrstih veza spojenih delova. Do naznačenog prečnika osnovice imaju isti prečnik kao i podešeni zavrnji, tako da ih isti mogu zamenjivati.



Slika 17.30.1. Konstrukcioni oblici osovinica:

Za izraku osovinica koriste se materijali veći tvrdoće u odnosu na spojene delove. Nančešće se koristi čelik za automate Č 3990 ili čelik za poboljšanje Č 1531 (5 . 6) , kao i čelik za cementaciju sa vrlo kvalitetnom mehaničkom i termičkom obradom. Osiguranje aksijalnog pomeranja spojenih delova kod osovinica moguće je izvesti primenom rascepki ili sigurnosnih prstenova, slika 17.30.2. Standardne dimenzije osovinica su date u prilogu P22-1. Za prečnike osovinica predviđena su tolerancijska polja a11; c11; f8 ili h11. Pri ostvarenju labavog naleganja najčešći su sklopovi D11/h11 ili H8/f8, a pri ostvarivanju čvrstog naleganja najčešći su sklopovi H8/u8 ili ZB11/h11.



Slika 17.30.2. Konstrukciona spajnje zglobnih veza osvinicama

2. Opterćenje osovinice

Osovinica je deo zglobne veze napregnuta na savijanje, smicanje i površinski pritisak. Osnovno opterećenje osovinice je poprečna sila (F). sl.17.30.3. Naleganje osovinice sa poprečnim delovima može biti labavo ili čvrsto tako da se mogu javiti tri slucaja:

1. Između osovinice i spojenih delova poluge i viljuške je labavo naleganje. Maksimalni moment savijanja iznosi:

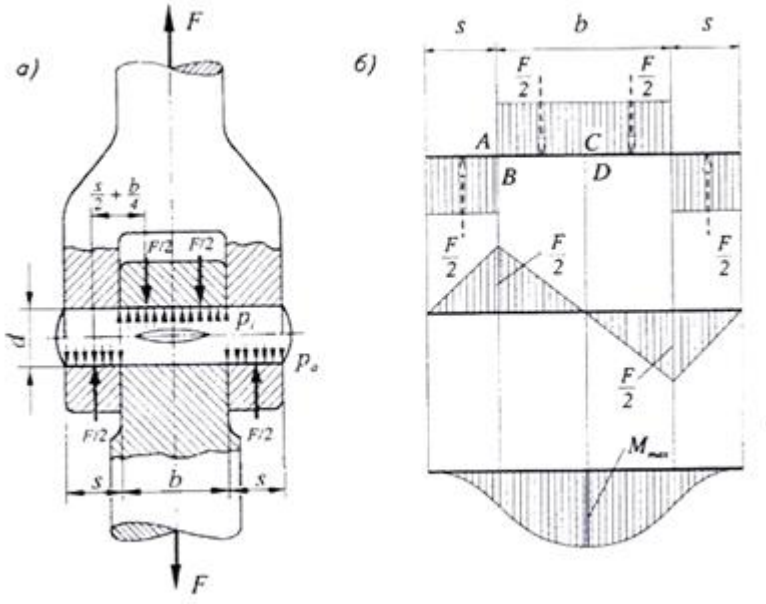
$$M = \frac{F}{2}\left(\frac{b}{2}+\frac{S}{2}\right)-\frac{F}{2}\cdot\frac{b}{4}=\frac{Fb}{4}+\frac{Fs}{8}=\frac{F(b+2S)}{8}$$

2. Između osovinice i viljuške je čvrsto naleganje a između osovinice i poluge je labavo naleganje. Maksimalni moment savijanja iznosi:

$$M=\frac{F}{2}\cdot\frac{b}{2}-\frac{F}{2}\cdot\frac{b}{4}=\frac{F\cdot b}{4}-\frac{F\cdot b}{8}=\frac{F\cdot b}{8}$$

3. Između osovinice i viljuške je labavo naleganje a između osovinice i poluge je čvrsto naleganje. Maksimalni momenat savijanja iznosi:

$$M=\frac{F\cdot S}{4}$$



Slika 17.30.3. Opterećenje osvince u zglobnoj vezi

17.31. SPOJEVI VRATILA I ELEMENATA

1. Spojevi pomoću žlebova, klinova i čivija

Obrtni momenti mogu da se prenose posebnim oblicima sa zupcima i žlebovima koji se izrađuju na spoljašnjem i unutrašnjem delu. Ovi spojevi se nazivaju žlebni spojevi. Žlebni spojevi mogu biti: sa ravnim bokovima, sa ravnim bokovima sa trouglastim profilom i evolventni. Kritični naponi kod žlebnih spojeva se javljaju na dodirnim površinama bokova koji prenose obrtni momemat.

2. Klinovi bez nagiba

Koriste se za prenos jednosmernih obrtnih momenata za vezu kaišnika, zupčanika i spojnica sa vratilima. Za postavljanje klinova bez nagiba na vratilu i glavčini izrađuje se podužni žljebovi. Pri tome obrtni momenat prenose samo bočne površine klina i spojenih delova (vratila i glavčine) dok između dna žleba glavčine i gornje – temene površine klina postoji znatni zazor.
Ostvareni spoj ne utiče na centričnost osa spojenih delova a za sigurno prenošenje obrtnog momenta neophodno je između bočnih nosećih površina ostvariti odgovarajuće čvrsto naleganje.

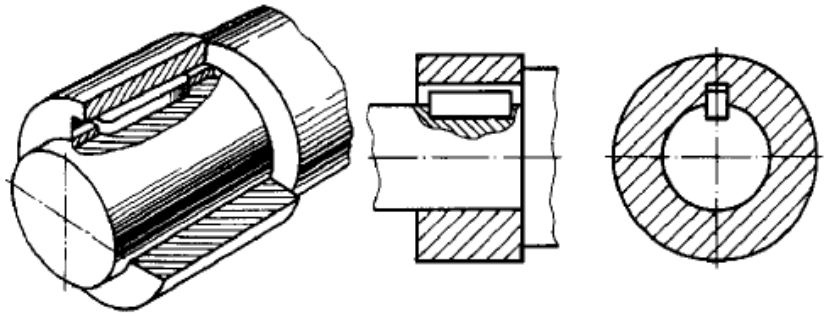
3. Prednost ovih spojeva:

- jednostavna montaža i demontaža bez primene udarnih sila
- jednostavna izrada žlebova i samog klina
- mogućnost povećanja nosivosti spoja postavljanjem dva klina
- primena i za aksijalno pokretne spojeve
- spoj nema uticaj na centričnost povezanih delova.

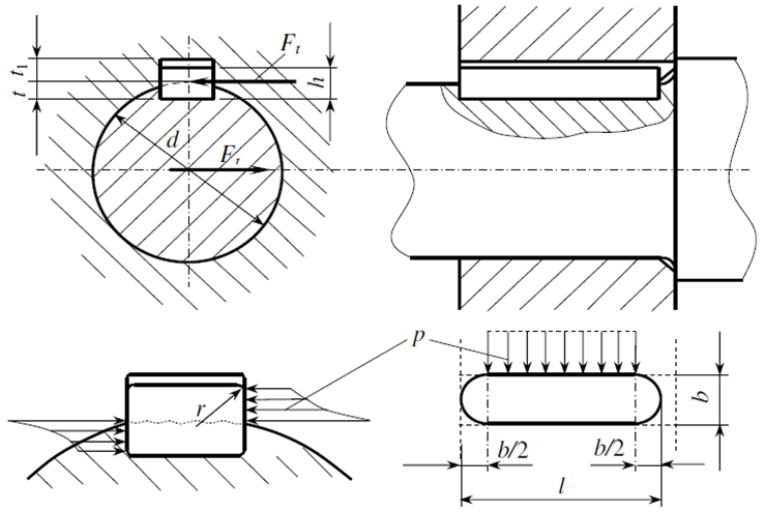
4. Nedostatci ovih spojeva:

- nije moguća primena za udarne naizmenične promenljive obrtne momente
- postojanje znatnog izvora koncentracije napona
- potreba za dodatnim obezbeđenjem protiv aksijalnog pomeranja delova spoja
- ne preporučuje se primena kod brzohodnih vratila

Standardom je predviđeno više oblika klina bez nagiba (oblici ABCDEF). Najčešće je u primeni klin oblika A, čije su čeone površine zaobljene, tako da se žljeb u vratu izrađuje vretenastim glodalom slika 17.31.1.. Klin oblika B ima ravne čeone površine, tako da se žljeb u vratu izrađuje glodalom u obliku diska. Za aksijalno pokretljive spojeve se koriste klin oblika E koji se za vratilo pričvršćuje zavrtnjevima.



Slika 17.31.1. Aksonometrijski i ortogonalni crtež normalnog zaobljenog klina u vratilu i glavčini

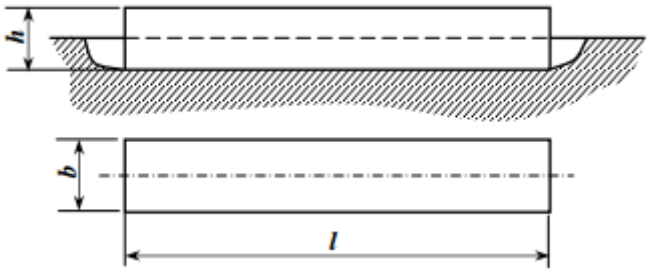


Slik a17.31.2. Veza uzdužnim klinom bez nagiba

Uzdužni klinovi omogućuju razdvojivu vezu vratila sa glavčinom zupčanika, kaišnika i sl. Postoje klinovi sa kukom, bez kuke, zaobljeni klinovi, segmentni klinovi, klinovi sa nagibom i bez nagiba.
Klinovi bez nagiba imaju oblik kvadra slika 17.31.3. i mogu biti sa: poluokruglim i ravnim čelom. Na slici 17.31.4. prikazan je način spajanja klinom bez nagiba.

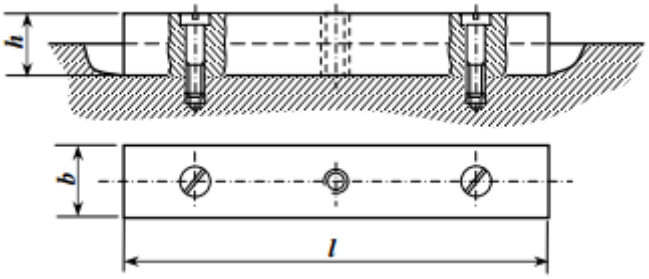
Postoje tri osnovne vrste ovih klinova:

- klinovi bez nagiba – visoki,
- klinovi bez nagiba – niski i
- klinovi bez nagiba – za mašine alatke.

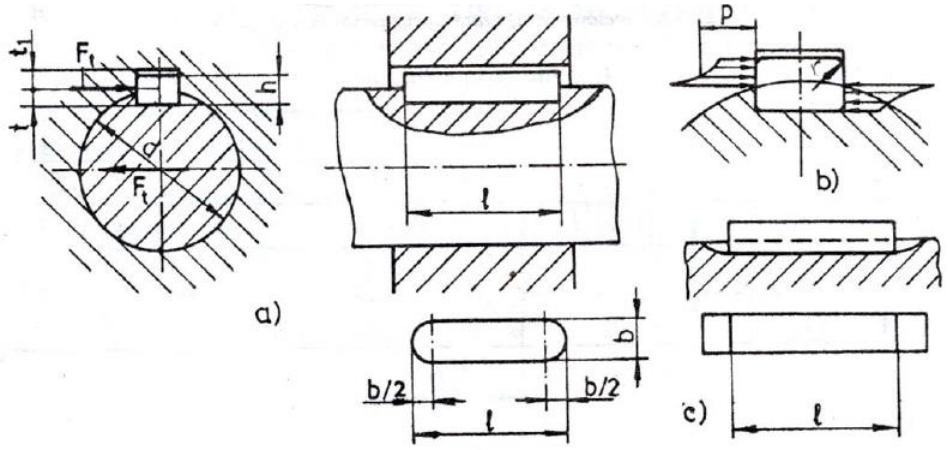


Slika 17.31.3.Uzdužni klin bez nagiba

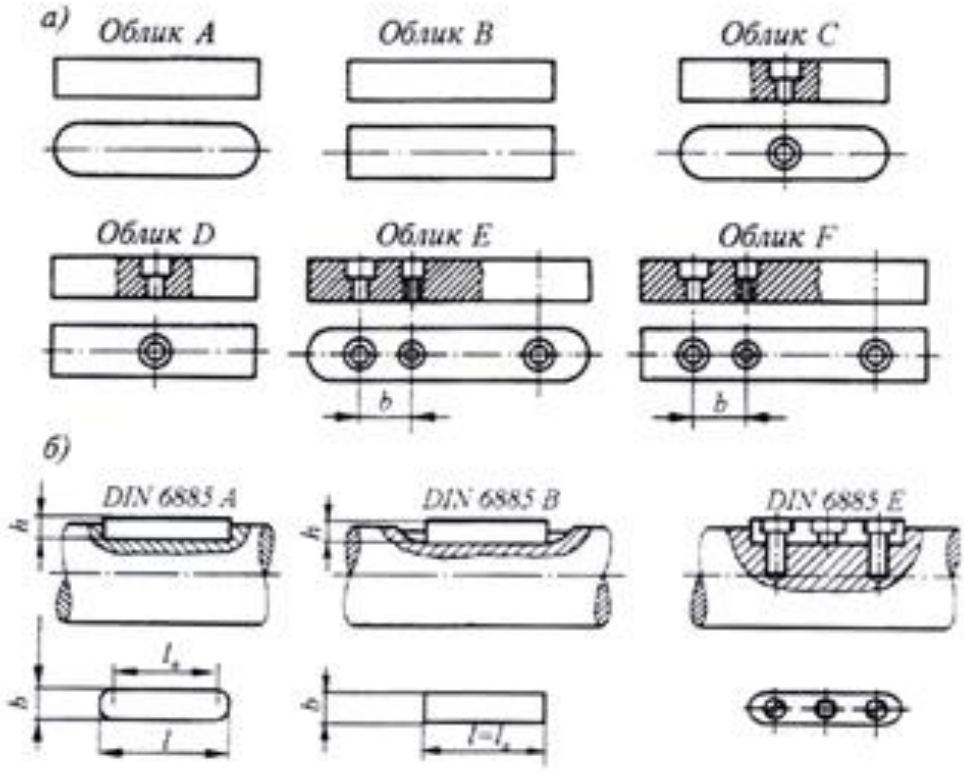
Sve tri vrste uzdužnih klinova bez nagiba izrađuju se kao normalni i zaobljeni. Jedni i drugi mogu biti slobodni i pričvršćeni.



Slika 17.31.4.. Normalno pričvršćeni klin bez nagiba

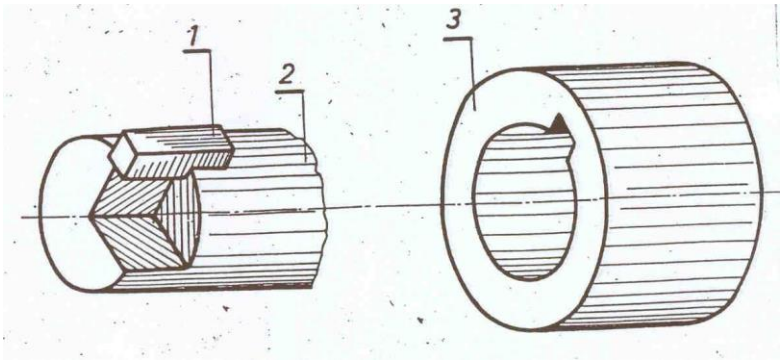


Slika 17.31.5. Klin bez nagiba sa: a) poluokruglim b) i c) ravnim čelom



Slika17.31.6.Standardni ravni klinovi

Spajanjem klinovima omogućava se razdvojiva veza elemenata u odreñenom sistemu. Materijal za klinove je tvrdi čelik zatezne čvrstoće 600 N/mm^2.

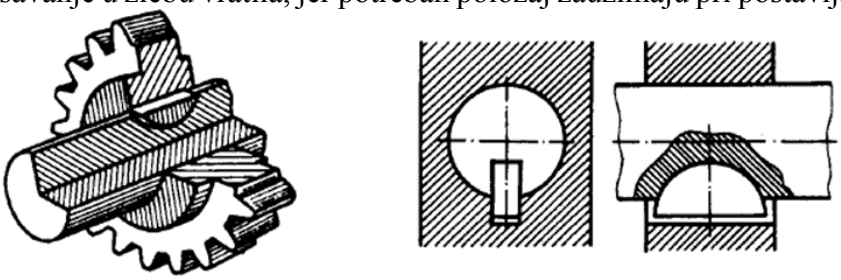


Slika 17.31. 7.klin;2.vratilo;3.glavčina

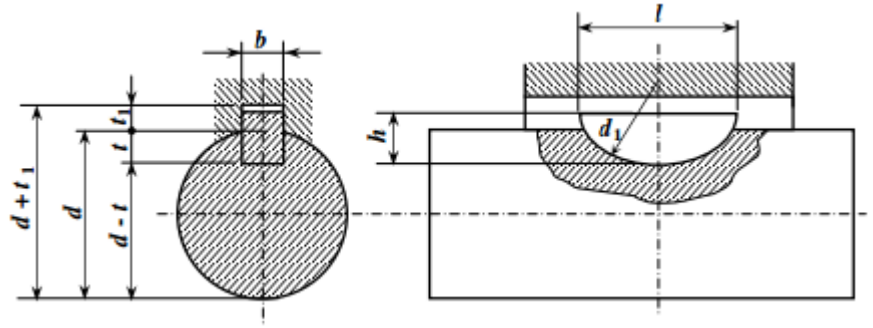
Klinovi mogu biti visoki i niski. Kod niskih klinova slabljenje vratila i koncentracija napona su manji ali je manja i njihova nosivost.

5. Segmentni klinovi

Posebna vrsta uzdužnih klinova su segmentni klinovi (Sl.17.31.8. i 17.31.9.). Upotrebljavaju se za prenošenje manjih obrtnih momenata, jer dužina žleba znatno oslabljuje vratilo. Zbog svog oblika ne zahtevaju posebno
podešavanje u žlebu vratila, jer potreban položaj zauzimaju pri postavljanj.



Slika.17.31.8.. aksonometrijski i ortogonalni crtež segmentnog klina u vratilu i glavčini



Slika 17.31.9. Segmentni klin

Standardne mere klinova su date u P23-10. Materijal za klinove je hladno valjan čelik Č1530. Kllin se u praksi bira u zavisnosti od prečnika vratila i proračunom se proverava na površinski pritisak i smicanje. U tabeli 17.31.1. date su vrijednosti dozvoljenog površinskog pritisaka.

$$p = \frac{F_t}{h_a \cdot l_a \cdot Z} \cdot \xi_r = \frac{2C_a \cdot T}{d \cdot l_a \cdot h_a \cdot Z} \cdot \xi_r \le p_{doz}$$

$$\tau = \frac{F_t}{b \cdot l_a \cdot Z} \cdot \xi_r = \frac{2C_a \cdot T}{d \cdot b \cdot l_a \cdot Z} \cdot \xi_r \le \tau_{sdoz}$$

F_t - nominalna obimna sila na mestu spoja
T - nominalni obrtni moment, koji prenosi spoj

C_A - faktor radnih uslova – iz tablice
I_a - noseća dužina spoja : I_a=I-b za oblik A; I_a=I za oblik B
D - prečnik vratila
H_a - noseća visina spoja: $h_a=h_v$, odn. $H_a=h_g(h_v,h_g)$.
Z - broj kinova : z=1 – najčešće; z = 2 – izuzetno
ξ_r - faktor neravnomerne raspodele opterećenja; $\xi_r = 1$ - za z=1;
$\xi_r = 1{,}3$ / ya y) 2.
p_{doz} - dozvoljeno površinski pritisak slabijeg materijala u spoju
$p_{doz}=R_e/S=R_e/(2...3)$ - za čelik, $pdoz=R_m/S=R_m/(3...4)$ - za sivi liv

Tabela 17.31.1. Dozvoljeni površinski pritisak za klinove bez nagiba (N/mm2)

Vrsta klina	Materijal glavčine	Pogon		
		Miran	Sa slabim udarima	Sa jakim udarima
Klin za čvrstu vezu	Čelik	150	100	50
	Sivi liv	80	53	27
Klin za navođenje	Čelik	50	40	30

Vrednosti za dužinu klina treba standardizovati na prvu veću standardnu vrednost prema Tabeli 17.31.2.

Tabela 17.31.2.: Standardne dužine klinova u (mm) - (prema SRPS M.C2.020.)

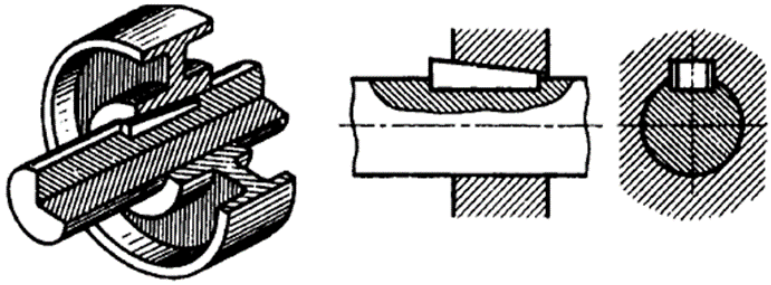
Tabela 17.31.2.: Standardne dužine klinova u (mm) - (prema SRPS M.C2.020.)

6	8	10	12	14	16	18	20	25	28	32	40	45	50	56
63	70	80	90	100	110	125	140	160	180	... na svakih 20mm				400

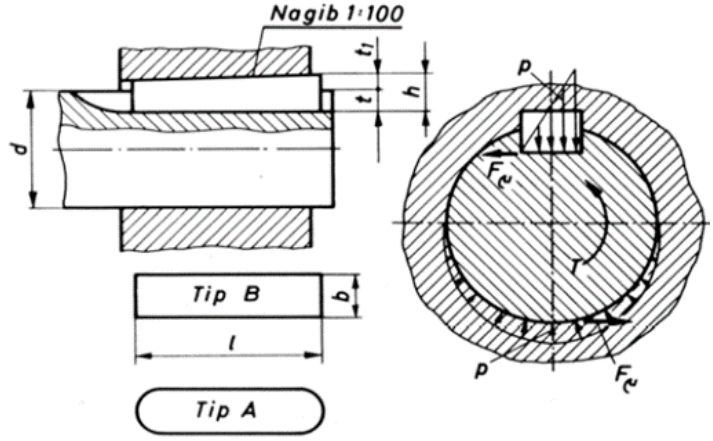
6. Klinovi sa nagibom

Klinovi sa nagibom imaju mali nagib 1:100 tako da se spoj izvodi sa prednaponom između vratila i glavčine. To se postiže aksijalnom utiskivanjem klina čime se ostvaruje neophodan pritisak između glavčine i klina (posredan dodir vratilo-glavčina) i cilindričnih površina vratila i glavčine (neposredni dodir).

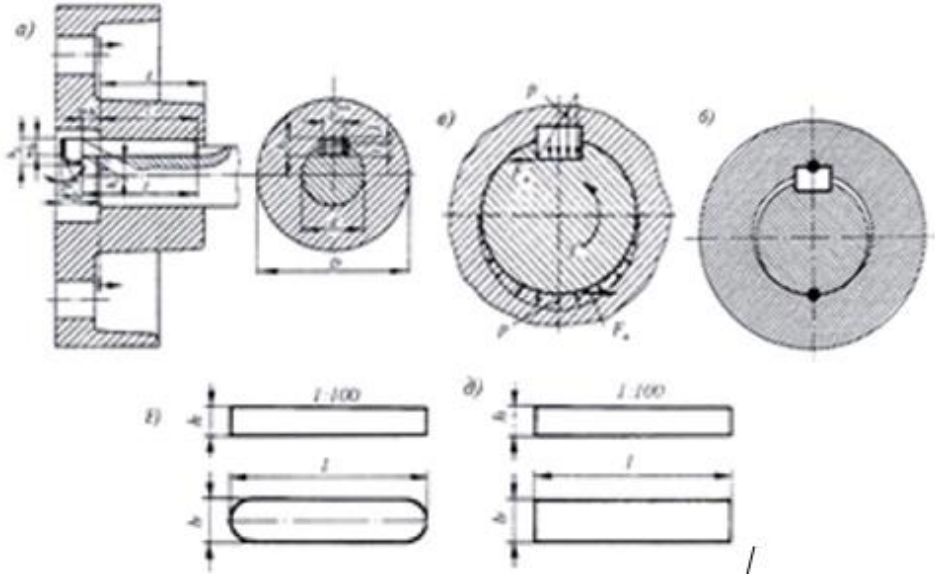
Klinovi sa nagibom pored momenta prenose i aksijalne sile i to otporom klizanja koji se javlja na površinama dodira glavčine i klina sa jedne, i podglavka i klina sa druge strane. Primenjuju se kod sporohodnih vratila sa obrtnim momentima sa udarima. Način spoja putem klina sa nagibom prikazan je na slici 17.31.10.a i b. Dimenzije su date u standardu SRPS M.C2.060.



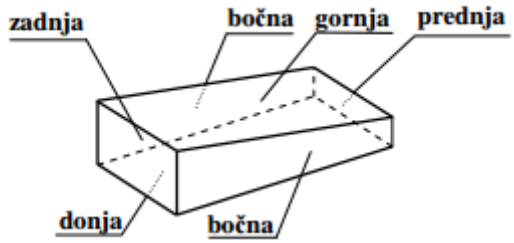
Slika 17.31.10-a Aksonometrijski i ortogonalni crtež klina sa nagibom u vratilu i glavčini



Slika 17.31.10.-b Ortogonalni crtež klina bez nagiba sa: a) poluokruglim b) i c) ravnim čelom



Kod svakog uzdužnog klina (Sl.17.31.11.) razlikuju se: 1) prednja, 2) zadnja, 3) gornja, 4) donja i 5) bočna strana.



Slika 17.31.11.Oznake i obeležavanje delova klina

Pri tome su noseće gornja i donja površina klina dok se bočne površine izvode sa malim zazorom u odnosu na žlebove. Nedostatak ovakvih spojeva je ekscentrični položaj vratila i glavčine kao posledice deformacije spojenih delova u radijalnom pravcu. Kao materijal za izradu klinova sa nagibom najčešće se koristi hladno valjani čelk Č1530.

Standardom su definisana sledeća konstrukciona rešenja spoja klinova sa nagibom:

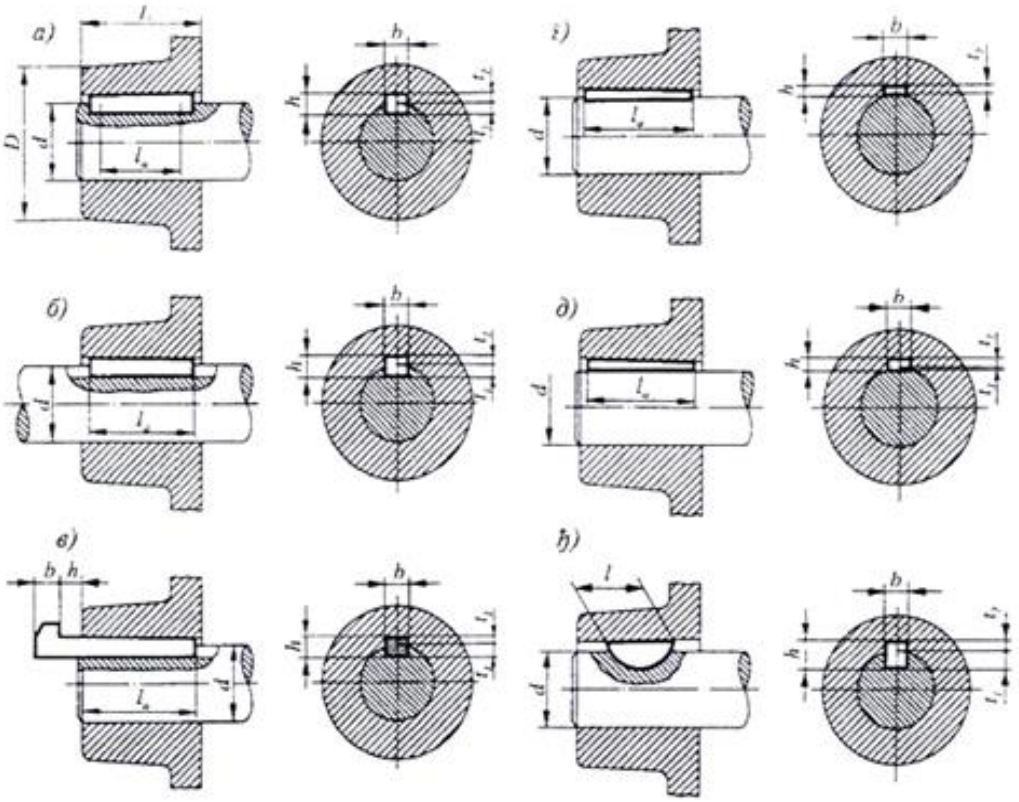
- spojevi klinom oblika A sa zaobljenim čeonim površinama. Pri tome se klin postavlja u odgovarajući đljeb vratila a glavčina aksijalno utiskuje;
- spojevi klinom oblika B sa ravnim čeonim površinama kod kojih je moguće aksijalno utiskivanje klina. Primenljiv je kod spojeva pristupačnih sa obe strane
- spojevi klinom sa kukom pri čemu kuka služi za montažu i demontažu. Primenljiv je kod spojeva pristupačnih sa jedne strane
- spojevi izdubljenim klinom prema obliku vratila kji se izvodi bez žljeba pa je montaža moguća na bilo kom mestu
- spojevi pljosnatim klinom kod kojih je vratilo umesto žljeba sa tetivnim poravnanjem
- spojevi segmentnim klinom koji je pollukružnog oblika a potreban nagib se izrađuje u žljebu glavčine
- spojevi tangentnim klinovima kji se izrađuju u paru ikod kojih su noseće dodirne ovršine upavne na pravac obimne sile

Osnovni proračun je sličan proračunu klina bez nagiba, na površinski pritisak.

Nedostaci klina sa nagibom bili bi:

- ekscentričan položaj spojenih elementa u odnosu na vratilo
- naponi na mestima dodira veći nego kod klina bez nagiba

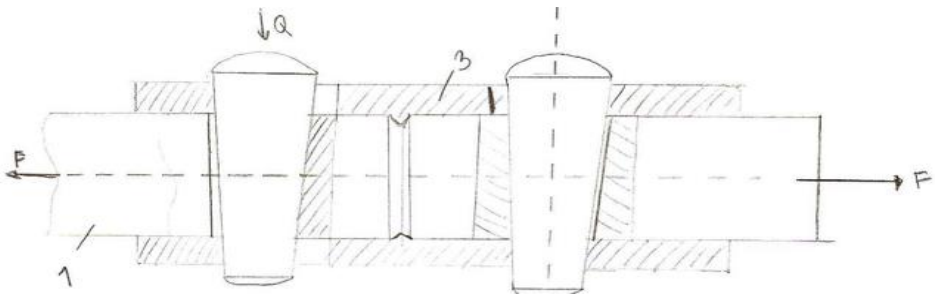
Na slici 17.31.12. prikazani su različiti standardizovani klinovi sa nagibom u spoju sa glavčinom.



Slika 17.31.12.Standardni oblici klinova sa nagibom

7. Poprečni klin

Poprečni klinovi omogućuju nastavljanje dva mašinska dela koji prenose aksijalna opterećenja. Postavljaju se okomito na osu dijelova koje spajaju. Služe za spjanje dijelova kjoji se kreću pravolinijski,prenose aksijalne sile. slika 17.31.13. Poprečne klinove možemo podijeliti na klinove za spajanje mašinskih elemenata (raznih poluga) klinove za podešavanje.

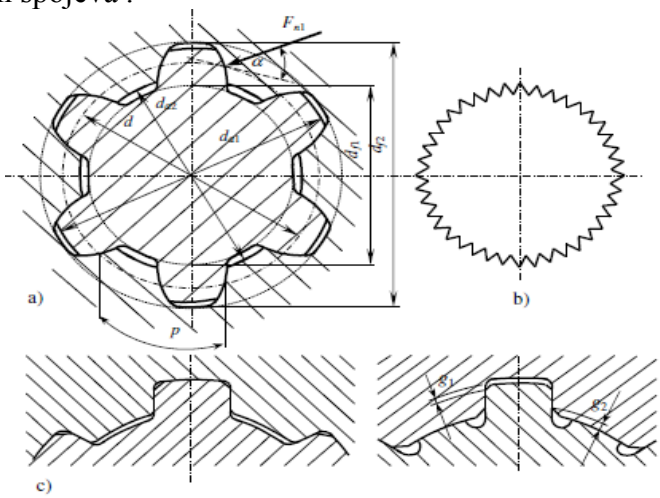


Slika. 17.31.13. Veza poprečnim klinom

Nagib klina je sa jedne strane i iznosi 1:25 do 1:12 .Poprečni presjek klina ima oblik pravougaonika sa zaobljenim ivicama.Proračun potebnog poprečnog presjeka vrši se prema naprezanju na savijanje.

8. Spojevi ostvareni žljebovima

Niz raspoređenih žljebova i ispusta prenose obrtni moment slično klinu bez nagiba, samo što je sila rasporedjena na sve žljebove. I pored tačne izrade neravnomernost sile rasporedjene na pojedine žljebove je 1,4 ... 2,0. Žljebovi mogu biti pravi, trouglasti i evolventi. Izrada je relativno skupa, ali se postiže dobra centričnost, mogućnost aksijalnog pomeranja i uslovno rečena kraća glavčina. Centrisanje se ostvaruje po bočnim površinama, a kod pravih žlebova može i po unutrašnjem prečniku d (izuzetno po spoljnom prečniku). Izrada unutrašnjeg ožljebljenja obično se vrši provlačenjem profilisanog alata. Slike 17.31.14. prikazuju različite vrste ožljebljenih spojeva .

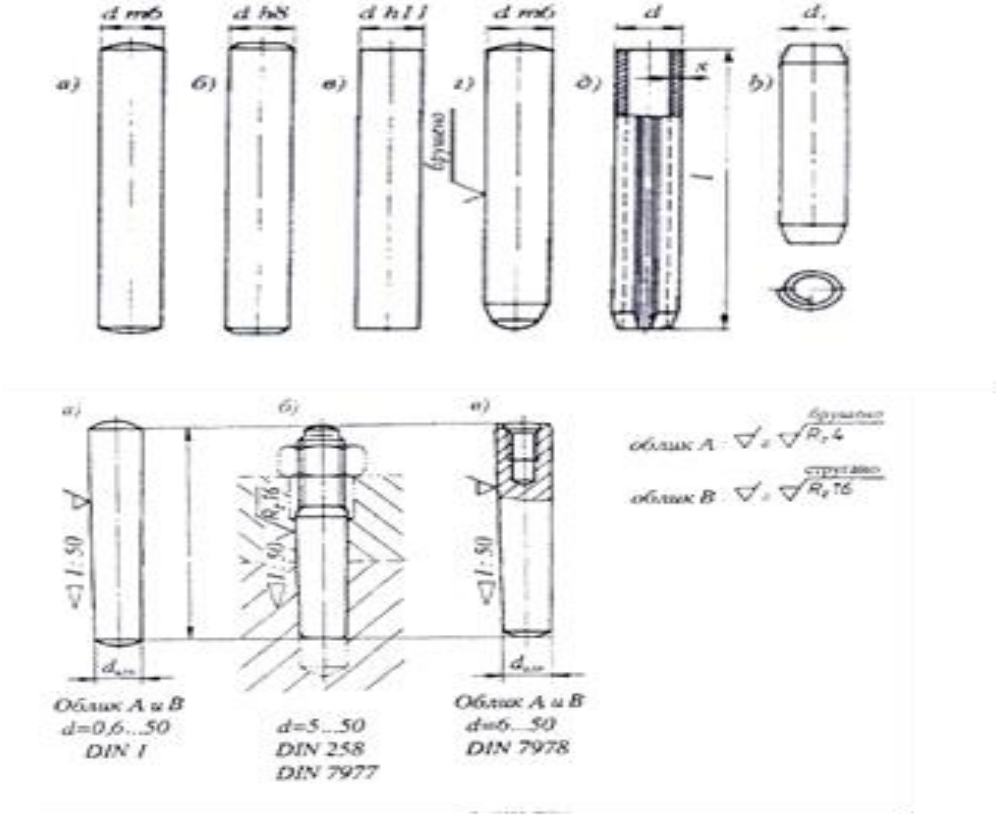


Slika 17.3.14. Vrste ožlebljenih spojeva: Žlebni spojevi: a) sa evolventnim profilom, b) sa trouglastim profilom, c) sa pravougaonim profilom (spoljnje i unutrašnje centriranje)

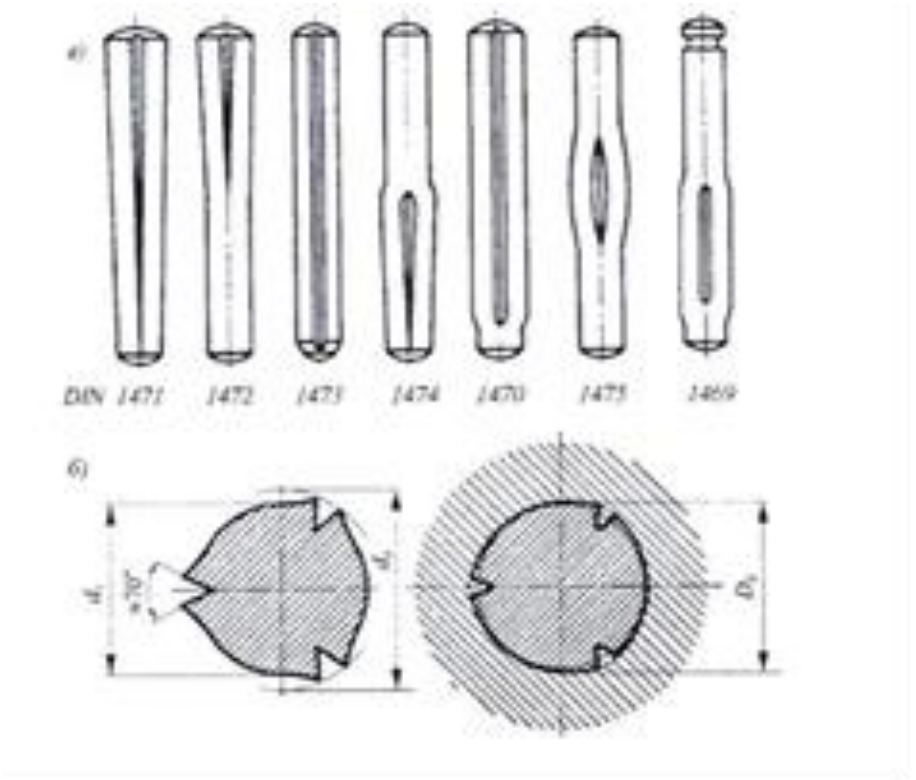
Osnovni proračun je sličan proračunu klina bez nagiba, na površinski pritisak.

17.32. ČIVIJE

Čivije su prvenstveno namenjene za obezbeđenje tačnosti položaja jednog mašinskog dela u odnosu na drugi i ugrađuju se prednaponima čvrstom vezom. Pri tome se vrši spajanje delova, centriranje, fiksiranje i osiguravanje delova od preopterećenja. Koriste se još kao držači opruga, za osiguranje osovinica i navrtki i kao graničnici pokretnih mašinskih delova. One su standardizovane i po obliku mogu biti cilindrične, konusne i sa zarezima (zasečene), sl.17.32.1.
Materijal za čivije je veće čvrstoće nego što je materijal spojenih delova a to su čelici za automate, poboljšanje i čelici za cementaciju. U mehaničkoj dokumentaciji i pri porudžbini označavaju se prečnikom (d), dužinom (I), odgovarajućim standardnom i materijalom, na primer:
Konična čivija 10x40 – JUS.M.C2.205-Č0645.



Slika 17.32.1/a.Standardizovane vrste čivija



Slika 17.32.1/b.Standardizovane vrste čivija

Čivije se najčešće biraju prema veličini delova koje spajaju ili poprečnoj sili koju prenose. One su standardizovane (P -13).
Proračunavaju se samo čivije koje ostvaraju zglobne veze isto kao i osovinice i poprečno i uzduženo postavljene čivije za vezu vratila i obrtnih delova.

17.33. KONUSNO STEZNI I CILINDRIČNO PRESOVANI SKLOPOVI

Konusno stezni i cilindrični sklopovi

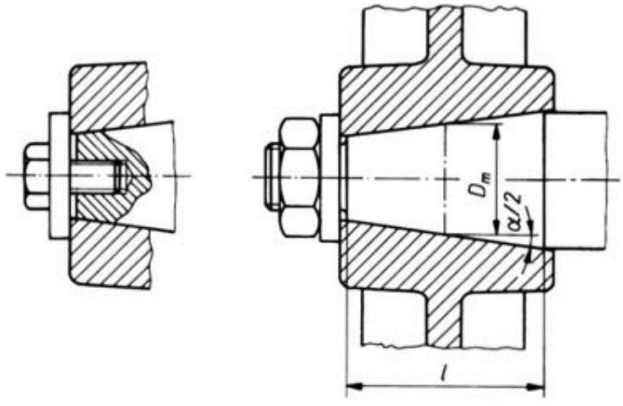
Točkove, zupčanike, lančanike, remenice, poluge i druge elemente je potrebno spojiti s vratilom ili osovinom na kojima se nalaze, kako bi među njima bio moguć prenos okretnog momenta T, a često i aksijalne sile Fa, tj. kako bi se okretali zajedno.
Dio tih točkova, zupčanika itd., koji se nalazi neposredno uz osovinu ili vratilo, naziva se glavčina.

Konstrukcijski, vezivanje vratila i glavčine pomoću steznih elemenata može se izvesti na tri načina, u zavisnosti od položaja steznog elementa u odnosu na vratilo i glavčinu, kada je stezni element izmeñu vratila i glavčine, ali i kada je spolja u odnosu na glavčinu ili unutar šupljeg vratila:

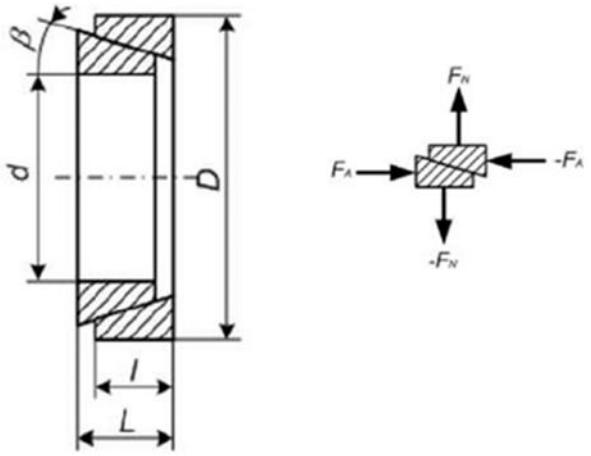
1. Spojevi ostvareni silom trenja
2. spojevi ostvareni oblikom
3. spojevi ostvareni silom trenja i oblikom

Konični spojevi ostvareni silom trenja

Konični stezni spoj se postiže navlačenjem glavčine s koničnim otvorom na konični završetak vratila ili osovine i zatim pritezanjem vijcima(sli.17.33.1.). Najprostiji stezni element sastoji se od dva prstena, od kojih je jedan sa koničnom unutrašnjom površinom a drugi sa spoljašnjom (sl.17.33.2)
Sila kojom zavrtnji potiskuju stezne prstenove raste postepeno. U prvoj fazi, koja traje sve dok sila ne dostigne vrednost F0, sila sabija sklop poništavajući zazore i ne utiče na stvaranje pritiska na dodirnim površinama sa glavčinom odnosno vratilom. Posle ove početne vrednosti sile, u drugoj fazi pritezanja, javlja se pritisak p na navedenim površinama koji raste sve dotle dok sila ne postigne svoj maksimum Fr .Stezni prsteni su standardizovani i njihove mere se daju u tablicama u zavisnosti od
sila i obrtnog momenta. U praksi se obično koriste više parova ovakvih steznih prstenova (sl,17.33.4.) U slučaju primene više parova i stezanja prstena sa jedne strane, samo prvi par je iskorišćen potpuno, dok je iskorišćenje svakog narednog sve manje.

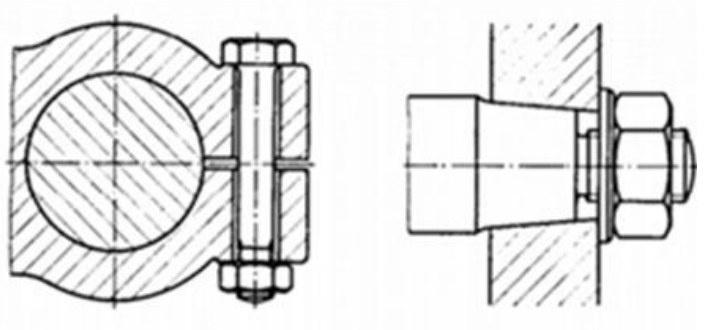


Slika. 17. 33.1. Konični spoj osiguran vijkom i maticom

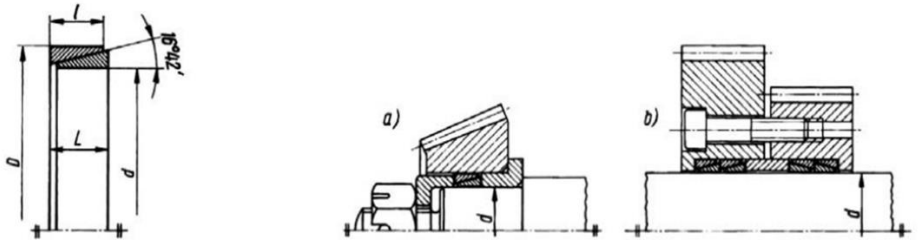


Slika 17.33.2. Par koničnih elastičnih prstenova

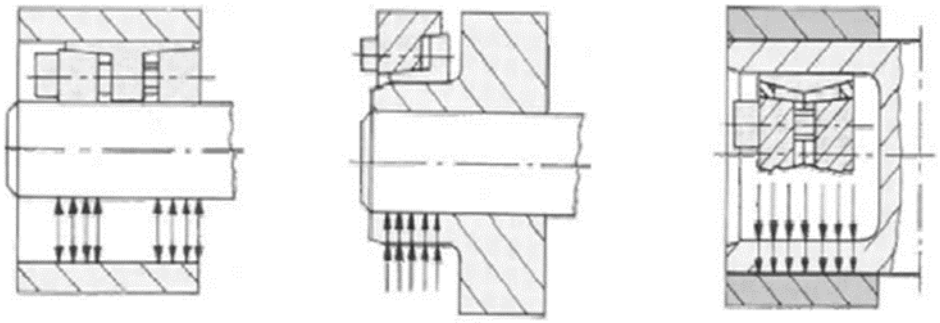
Na slici 17.33.3. prikazan je jedan od način ostvrenja konično-steznog vezivanja elementa pomoću konusa rukavca i stezne glavčine.



Sl.17.33.3. Konični spojevi ostvareni steznom glavčinom i konusom

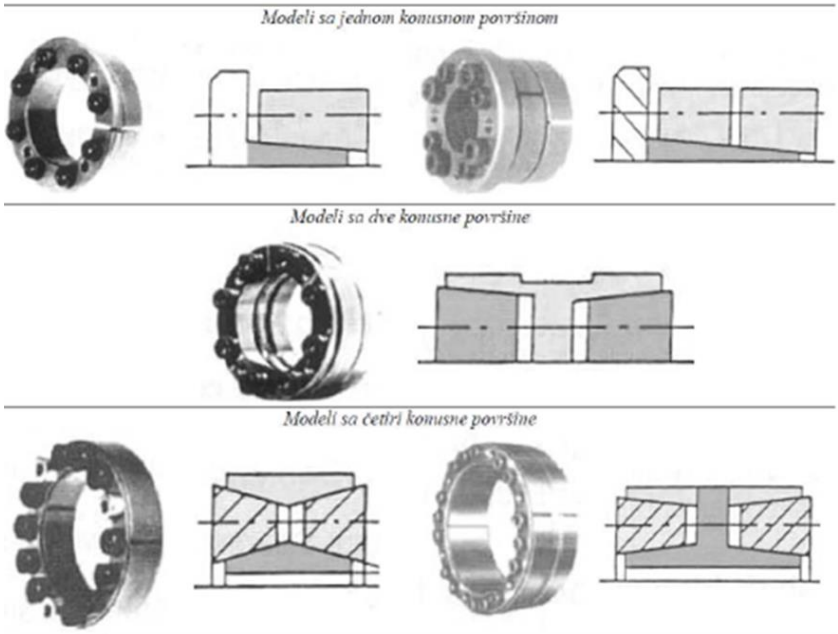


Par prstena a) Spoj s jednim steznim vijkom; b) Spoj s više steznih vijaka



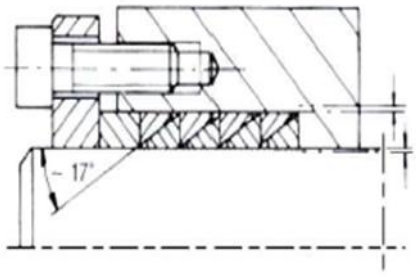
Slika 17.33.4. Konični stezni par sa jednim i više prstenova

Vrlo često se spojevi rukavca i glavčine ostvarje veza pomoću različitih modela steznih cilindrčnih prstenova, prikazano na slici 17.33.5.



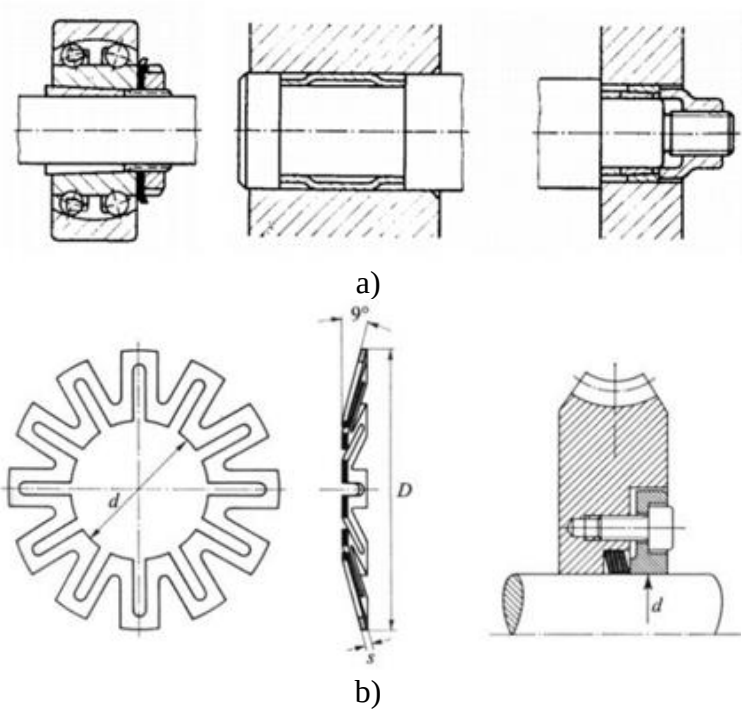
Slika 17.33.5. Različiti modeli steznih prstenova koničnih elemenata

Postoje i drugačija konstrukcijska rešenja steznih koničnih prstenova.(sl17.33.6.)Ona su prvenstveno unapređena u cilju lakše montaže i demontaže tj. glavčina ne treba dodatno da se obrađuje, stezni prstenovi su kompaktnog izgleda.



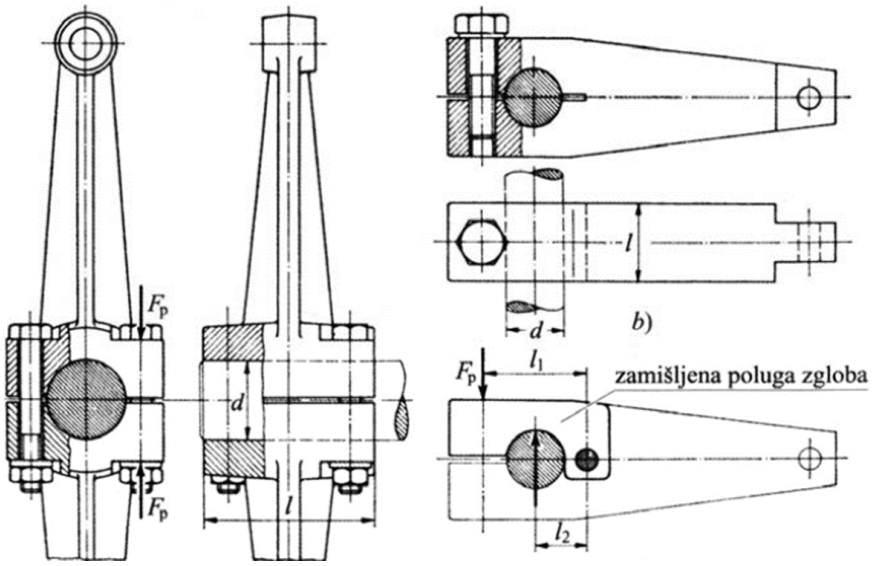
Slika 17.33.6. Vezivanja cilindričnih elemenata pomoću specijalnih prstenova

Čest primer je ostvarenje spojevi cilindričnih oblika pomoću zvjezdasto-prstenaste elastične pločice (b), (sl.17.33.7.) i unutrašnjeg elstičnog prstena sa sistemom aksijalnog povlačenja i radijalnog ukrućenje preko prečnika otvora (a).



Slika 17.33.7. Spojevi ostvreni zvjezdato-prstenastom elastičnom pločom (b) i unutrašnjom elastičnim prstenom (a) sistemom navlačenja.

Cilindrični spojevi ostvareni sa steznom glavčinom (sl,17.33.8.)



Slika 17.33.8. Načini vezivanja cilindričnih elemenata pomoću stezne glavčine

17.34. CILINDRIČNO PRESOVANI SKLOPOVI

Čvrsta veza bez ikakvog posrednika, ostvaruje se utiskivanjem stabla u otvor manjeg prečnika tj. prinudnim sklapanjem delova izrađenih sa preklopom, slika 17.34.1. Nastale deformacije – širenje otvora i skupljanje stabla – izazivaju napone u elementima i pritisak na dodirnim površinama. Takvi stezni sklopovi nazivaju se presovani sklopovi i mogu biti ostvareni uzdužno odnosno mehanički i poprečno odnosno termički, ili kombinovano.

Prednosti ovakvih sklopova su jednostavna izrada, mogućnost prenošenja velikih obrtnih momenata i aksijalnih sila, obezbeñena kooaksijalnost elemenata i uravnoteženost naponskog polja na vratilu i glavčini.

Nedostaci su: nemogućnost tačnog definisanja moći nošenja presovanog sklopa zbog tolerancija preklopa i popuštanja sklopa zbog promenjivih deformacija u toku rada, često otežana montaža i demontaža sklopa uz potrebu posebnih uredjaja.

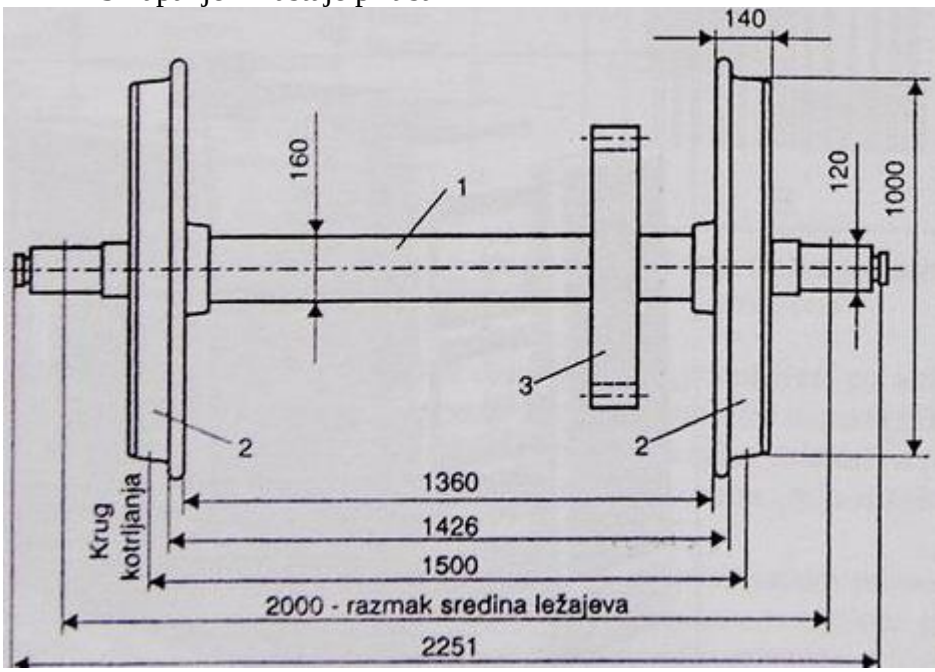
U dimenzionisanju presovanog sklopa treba postaviti dva osnovna zahteva:

- da presovani sklop bude sposoban da prenosi potrebnu aksiajlnu silu ili obrtni momenat i
- da naponi njegovih elemenata ne prekorače dozvoljenu vrednost.

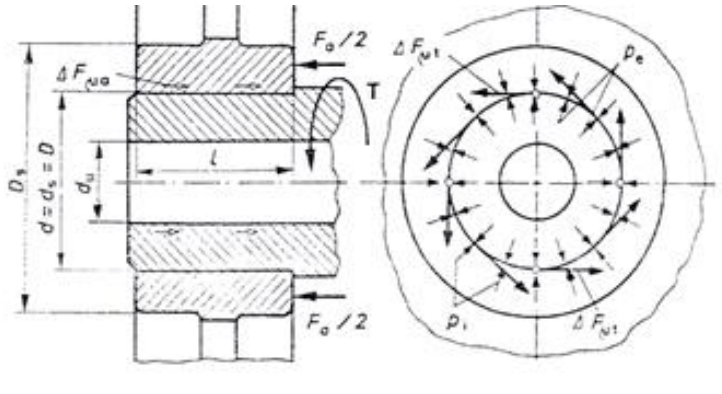
Garantovana moć nošenja se definiše na osnovu dodirnog pritiska pri najmanjem preklopu, a uslov da naponi elemena ostanu u oblasti dozvoljenih se definiše na osnovu pritiska pri maksimalnom preklopu.
Naprezanja elemenata u sklopljenom stanju mogu se nalaziti bilo u oblasti elastičnosti, bilo u oblasti plastičnosti, kao i kombinovano. U svakom slučaju na kontaktu naležućih površina javljaju se odreñene deformacije.

Presovni spojevi služe sa prenos opterećenja, obrtnih momenata, radijalnih i aksijalnih sila pomo ću otpora klizanju izme otpora klizanju između spoljašnjeg i unutrašnjeg elementa (spoljašnjeg i unutrašnjeg elementa (čvrsta nalijeganja) nalijeganja).Ovi spojevi stvaraju čvrstu vezu dvaju elementa (spoljašnji i unutašnji element) zahvaljujući otporu protiv klizanja. Ovaj otpor prema klizanju je rezultata pritiska koji vlada na dodirnim površinama presovanog sklopa. Prije sklapanja delova sklopa moraju imati preklop tj. prečnjik unutrašnjeg elementa treba da bude već od rupe u spoljašnjem dijelu.

- Prečnik otvora spoljašnjeg elementa je manji od vanjskog prečnika unutrašnjeg elementa
- Sklapanjem nastaje pritisak



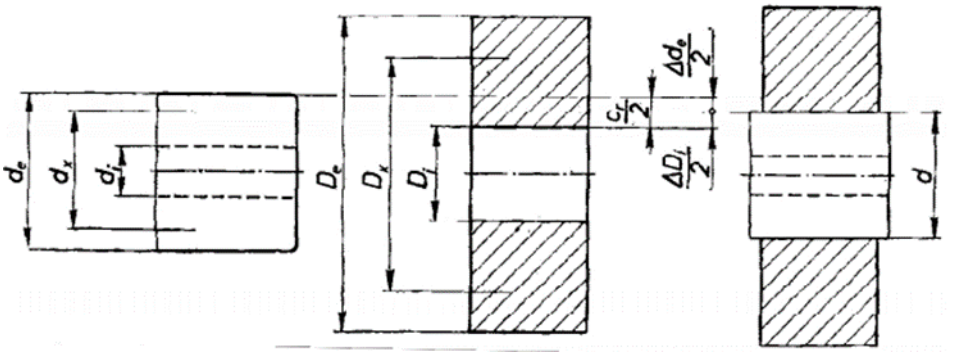
Slika 17.34.1. Cilindrično presovani sklop osvine i točka železničkog vozila



Slika 17.34.1/a. Cilindrično presovani

Za pouzdano izvršenje eksploatacione funkcije presovanog sklopa neophodno je izvršiti tehnološke pripremne,a koje se odnose na:

- Proračun cilindričnih presovanih spojeva u oblasti elastičnosti
- Dizajniranje steznih spojeva (sklopova)
- Proračun cilindričnih presovanih spojeva u oblasti elastičnosti
- Deformacije elemenata spoja (teorija elastičnosti, proračun debelih cijevi)



Za unutrašnji dio-rupa:

$$\Delta D_x = \frac{\psi_e^2}{E_e(1-\psi_e^2)}\left[\left(\frac{D_s}{D_x}\right)^2(1+\nu_e)+(1-\nu_e)\right]D_x p$$

Za spoljšnji dio-rukavac:

$$\Delta d_x = -\frac{1}{E_i(1-\psi_i^2)}\left[\left(\frac{d_u}{d_x}\right)^2(1+\nu_i)+(1-\nu_i)\right]d_x p$$

Kod presovanih – steznih spojeva prečnik otvora spojnih elementa (glavčine) je manji od prečnika unutrašnjeg elementa (vratila). To su čvrsti sklopovi sa izrazitim preklopima koji putem ostvarenog pritiska i otpora

protiv klizanja prenose rad na opterećenju (uzdužnu aksijalnu silu – Fa ili obrtni moment – T). Ovako ostvareni spojevi su sa manjom koncentracijom napona pa mogu prenositi velika promenljiva i udarna opterećenja. Njihov nedostatak je otežano sklapanje koje može da se izvede u hladnom i zagrejanom stanju. Hladnim spajanjem ostvaruju se uzdužno presovani spojevi bez utiskivanja. Pritisak steznog spoja zavisi od ostvarenog efektivnog preklopa koji se dobija nakon utiskivanja i uglačavanja prisutnih neravnina, a izračunava se po obrascu:

$$p = \frac{p'}{d\left(\frac{K_s}{E_s} + \frac{K_u}{E_u}\right)}\left(N/mm^2\right)$$

gde je :
p, = p-1,2(Rs+Ru) – ostvareni efektni preklop
(Rs i Ru) - visina neravnina
Ks; Ku - koeficijenti elastičnosti spojenih delova
Es; Eu - moduli elastičnosti spojenih delova

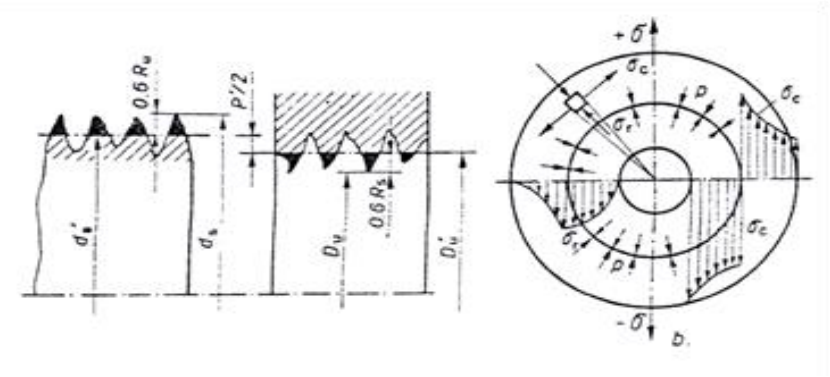
Pritisak u spoju izaziva zatezanje spoljnog dela i pritiskivanje unutrašnjeg dela. Pri tome se javljaju cirkulacioni (tangentni -) i radijalni - naponi i to:

U spoljnom delu: $\sigma_c = \frac{1+\psi^2{}_s}{1-\psi^2{}_s}\cdot p \qquad \sigma_r = -p$

U unutrašnjem delu : $\sigma_{c\max} = -\frac{2p}{1-\psi_u}\left(\sigma_c = \frac{1+\psi^2{}_u}{1-\psi^2{}_u}\cdot p; \sigma_r = -p\right)$

Nosivost presovanog spoja predstavlja kritičnu silu proklizavanja koja se dobija na osnovu najmanjeg ostvarenog pritiska odnosno donjeg preklopa i iznosi:

$$F_\mu = p_d \cdot A \cdot \mu_k = p_d \cdot d\pi l \cdot \mu_k$$



gde je:

μ_k - koeficijent prenosa (prionljivosti pri klizanju.

Sila presovanja pri ostvarenju presovanog spoja dobija se na osnovu najvećeg ostvarenog pritiska odnosno gornjeg preklopa i iznosi :

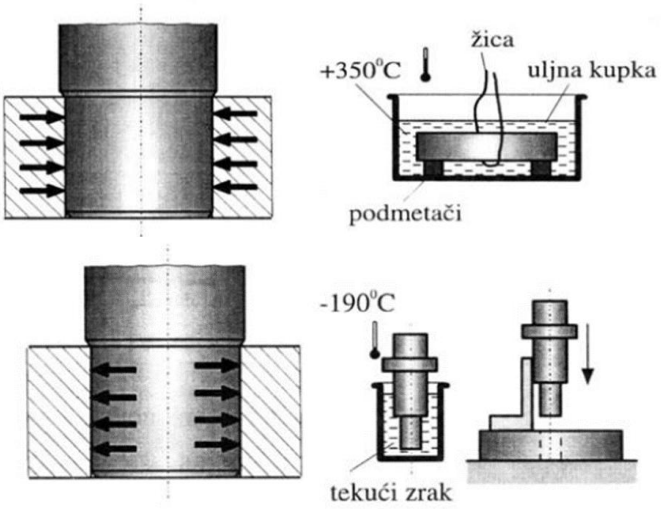
$$F_p = p_g \cdot A \cdot \mu_p = p_g \cdot d\pi l \cdot \pi_p$$

gde je:

μ_p - koeficijent trenja klizanja pri presovanju

Na osnovu izračunate sile presovanja Fp vrsi se izbor prese.

Mogućnost ostvarenja cilindrčno presovnih sklopva je i zagrijavanjem dijela otvora - rupe odnosno hlađenjem rukavca, slika 17. 34.2.



Slika 17.34.2. Ostvarenje presovanog sklopa pomoću zagrijavanja glavčine otvora i hlađenja rukavca vratila

17.35. LEŽAJI

Uloga ležaja je da prenesu opterećenje sa pokretnih (vratila, osovine i sl.) na nepokretne delove mašina (kućište).

Podela prema silama koje prenose ležajevi se dele na:

1. radijalne - sila upravna na osu rukavca
2. aksijalne - sila u smeru ose rukavca
3. radi-aksijalne - predstavljaju kombinaciju prve dve vrste

Ako se prenos opterećenja vrši translatornim kretanjem onda to obezbedjuju klizni ležaji, a za prenos opterećenja obrtnim kretanjem koriste se kotrljajni ležaji.

17.36. KLIZNI LEŽAJI

Primenjuju se uglavnom tamo gde nije moguća upotreba kotrljajnih ležaja. Stoga se mogu izdvojiti tri područja njihove primene:

1. U sklopovima u kojima bi kotrljajni ležaji stvorili relativno visoke vibracije i buku.
2. Za rukavce prečnika manjih od 15mm i većih od 300mm, gde se po pravilu koriste jer su kotrljajni tih gabarita retki i izradjuju se i ugradjuju se samo ako su za to neophodno potrebni.
3. Na mestima gde ugradnja kotrljajnih ležaja koji su jednodelni, nije moguća. Kako klizni ležaji mogu biti dvodelni, na nepristupačnim mestima kao što su rukavci radilica i sl., ugradjuju se uzduž resečena klizna ležišta.

1. Podela kliznih ležišta

Prema pravcu dejstva sile (sl17.36.1.) klizna ležišta se dele na:

- radijalna klizna ležišta kod kojih sila dejstvuje upravno na osu rukavca;
- aksijalna klizna ležišta, sila ima pravac ose rukavca (pravac ose ležišta);
- radijalno - aksijalna klizna ležišta istovremeno prenose radijalne i aksijalne sile.

Prema načinu ostvarivanja pritiska u ulju na:

- Hidrostatička i hidrodinamička.

Prema načinu uležištenja dele se na:

- fiksirana (prenose aksijalne i radijalne sile),
- slobodna (prenose samo radijalne sile i dozvoljavaju mala pomeranja u aksijalnom pravcu).

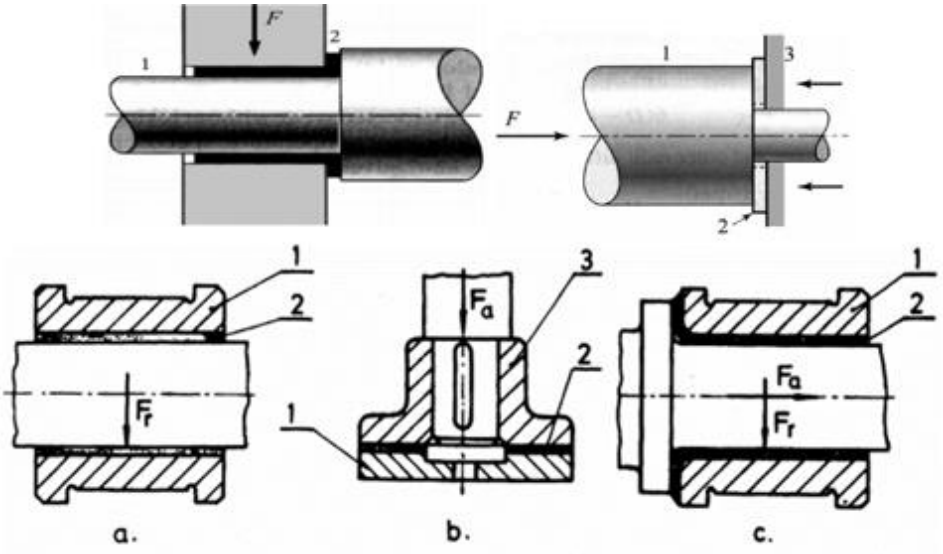
Prema stanju dodirnih površina dele se na ležišta sa:

- suvim trenjem;,
- polutečnim (mešovitim) trenjem;
- tečnim trenjem.

Osnovni delovi ležišta

Osnovni i najvažniji deo kliznog ležišta je klizni par:

1 – rukavac vratila, 2 – ležišna posteljica;

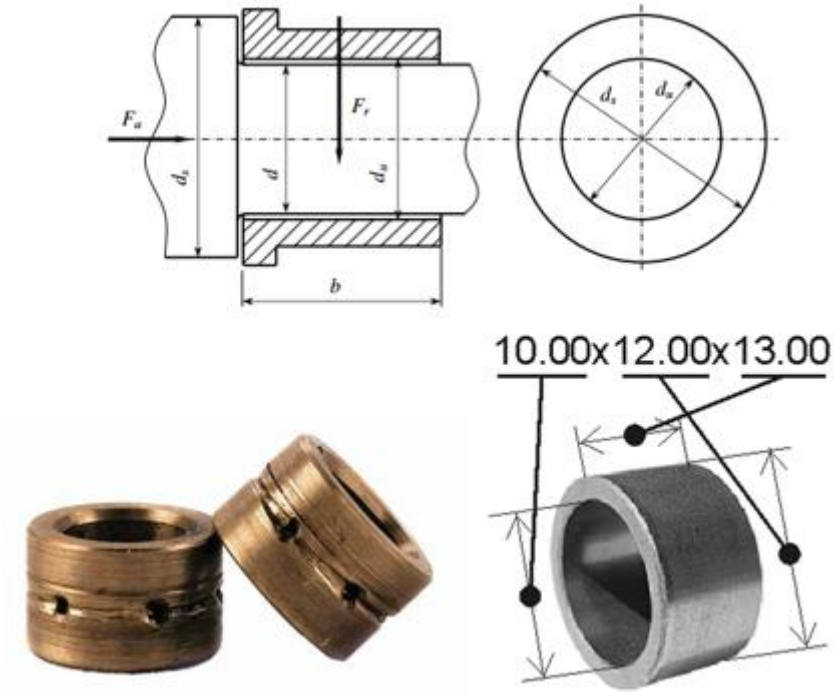


Slika 17.36.1. Vrste kliznih ležaja a) radijalni, b) aksijalni, c) radi-aksijalni.

Kod radijalnog ležaja rukavac vratila neposredno naleže na posteljicu, a kod aksijalnog vratilo se, po pravilu, ne oslanja direktno čeonom površinom na ploču, već se na kraj vratila učvršćuje glavčina sa vencem (3), čija fino obrađena prstenasta površina naleže na ploču. Posteljica radiaksijalnog ležaja ima na jednoj čeonoj strani (ili na obe) prstenasto proširenje na koje naleže venac vratila u cilju prenošenja aksijalne komponente spoljašnje sile. Ako aksijalna sila menja smer u toku rada, onda se mora predvideti oslanjanje i na drugoj čeonoj strani. Površine posteljica i ploča obično su obložene slojem antifrikcionog materijala (2), a između kliznih površina dovodi se mazivo. Posteljice i ploče, po pravilu,

se ne izrađuju izjedna od ležajnog materijala iz više razloga: materijal za ležaje je skup; ima manju čvrstoću od čelika; u slučaju da se klizna površina ošteti ili istroši, može se lakše obnoviti (obično nalivanjem), nego da se zamenjuje cela posteljica ili ploča. Posteljica može biti jednodelna, u obliku cilindrične čaure, ali je, zbog lakše montaže, češće dvodelna (sastavljena od dve polucilindrične čaure). Posteljica radijalnog ležaja može takođe da se konstruiše iz nekoliko cilindričnih segmenata. Na slici 17.36.2. prikazan je oblik kliznog ležaja koji čini spoj klizne čaure (posteljice) i rukavca vratila, izmedju kojih može da se ostvari neko od ovih klizanja:

- poluokvašeno,
- mešovito ili
- hidrodinamičko.



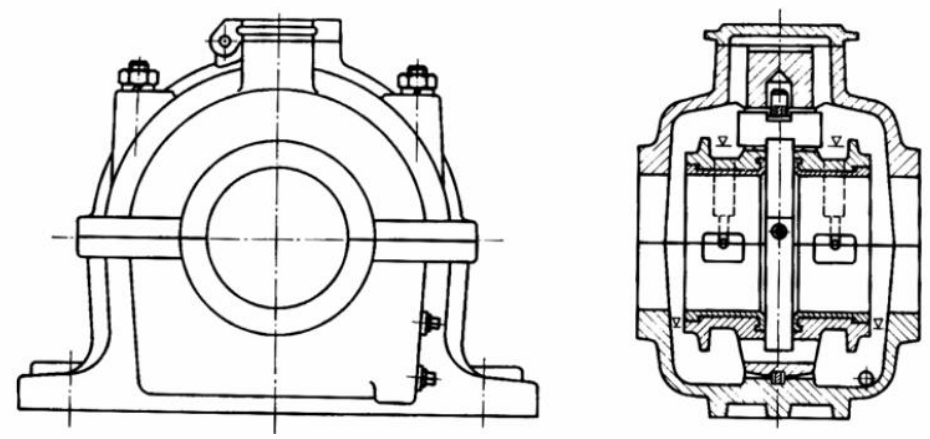
Slika. 17.36.2. Opšti oblik i oznake kliznog ležaja

2. **Prednosti:**
   - primenjuju se tamo gde nije moguće ugraditi kotrljajne ležaje, jer mogu biti jednodelna, dvodelna i višedelna;
   - primenjuju se za prečnike vratila do 15 mm i preko 300 mm jer se kotrljajni ležaji retko izrañuju za te prečnike;
   - pogodna su i za najveće brzine;

- imaju relativno dug vek zahvaljujući podmazivanju,
- amortizuju udare i udarna opterećenja;
- imaju mogućnost prigušenja buke i vibracija;
- jednostavne su konstrukcije i manjih dimenzija.

3. **Nedostaci:**
   - veći otpor trenja u odnosu na kotrljajna
   - veća potrošnja maziva
   - veće zagrevanje u odnosu na kotrljajna

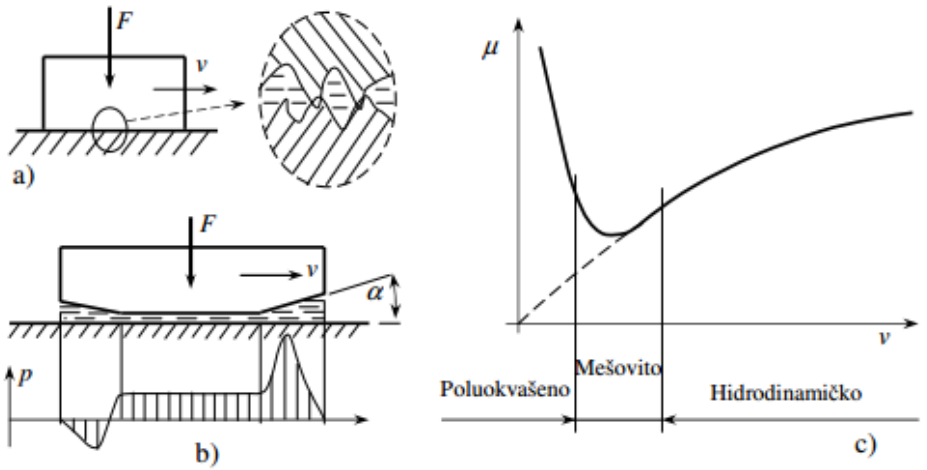
Razlikujemo jednodelna i dvodelna klizna ležišta. Jednodelna se koriste kad su manji prečnici rukavca i kad se montaža ležaja može izvesti aksijalno. Dvodelna (sl. 17.36.3.) treba ugradjivati pri većim opterećenjima i kad aksijalna montaža nije moguća.



Slika 17.36.3: Dvodelno klizno ležište

Klizni spoj čine dve relativno pokretne površine koje su u dodiru ili su na medjusobnom bliskom rastojanju. Ako su površine suve i ako se medjusobno dodiruju, izmedju njih se ostvaruje suvo trenje. Ako su površine podmazane i ako je pod opterećenjem ulje istisnuto tako da se površine dodiruju, reč je o klizanju poluokvašenih površina (sl.17.36.4a). Pri dovoljno velikoj brzini kretanja jedne površine u odnosu na drugu, ulje prodire izmedju površina i razdvaja njihov dodir. Formira se uljni film tj. ostvaruje se hidrodinamičko plivanje – sl.17.36.4.b. Ovi uslovi podrazumevaju da brzina v bude veća od granične pri odgovarajućoj dinamičkoj viskoznosti ulja **η** i uz prisustvo odgovarajućeg ugla klina α. Na slici17.36.4.c prikazan je dijagram promene otpora μ izmedju relativno pokretnih površina u
zavisnosti od brzine relativnog kretanja. Pri klizanju poluokvašenih površina, sa povećavanjem brzine v smanjuje se otpor **μ,** a kod

hidrodinamičkog plivanja ovaj se otpor postepeno povećava usled povećavanja hidrodinamičkih otpora. Između ova dva područja je prelazno područje tj. područje sa mešovitim stanjem kretanja sa dodirom i bez dodira.



Slika 17.36.4. Stanje u kliznom spoju: a) dodir i klizanje poluokvašenih površina, b) hidrodinamičko plivanje, c) promena otpora pri povećavanju brzine

Klasifikacija kliznih ležaja može da se vrši na osnovu više različitih kriterijuma:

4. **Nosivost kliznog ležišta**

Radni pritisak u kliznom ležištu mora biti doveden u propisane granice (p < pdoz) varijacijom (smanjenjem) opterećenja ili povećanjem dimenzija dodirne površine. Za radijalno ležište (sl. 17.36.1.a) biće:

$$p = \frac{F_r}{A} = \frac{F_r}{d \cdot l} \leq p_{doz},$$

a za aksijalno ležište (sl. 5.61b):

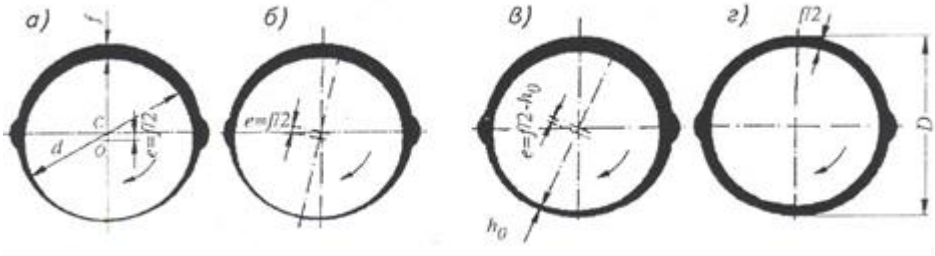
$$p = \frac{F_a}{A} = \frac{F_a}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_s^2 - d_u^2)} \leq p_{doz}$$

Za izabrane dimenzije, sila koja odgovara dozvoljenom pritisku je nosivost ležišta:

$$F = A \cdot p_{doz}$$

5. Hidrostatičko i hidrodinamičko podmazivanje kliznih ležajeva

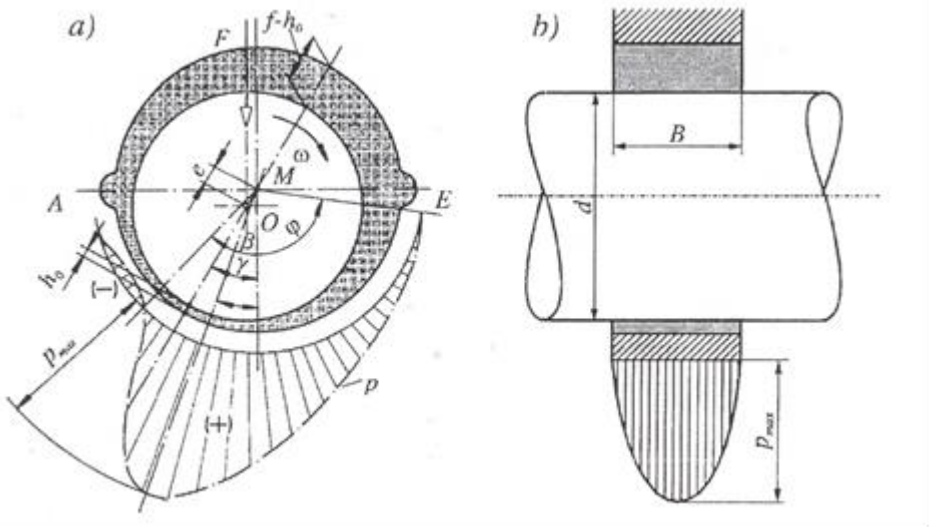
Hidrostatičko podmazivanje se vrši ubacivanjem ulja pod velikim pritiskom direktno između dodirnih površina. Potreban pritisak ulja se ostvaruje pomoću pumpi koje se nalaze van domašaja i pri tome se klizne površine razdvajaju bez obzira da li se kreću ili miruju. Hidrostatički ležajevi mogu da prenesu vrlo velika opterećenja i neograničenog su radnog veka. Nemaju veliku primenu jer su složene konstrukcije dodirnog, reguliacionog i zaptivnog sistema pa su jako skupi u odnosu na kotrljajne. Za hidruličko podmazivanje potrebno je određeno relativno kretanje i određeni ugao dodirnih površina. Pri tome je relativna brzina kretanja jednaka obimnoj brzini rukavca čime se stara uljni sloj između dodirnih površina. Klizne površine dodirnih elemenata postavljene pod određenim uglom nanošenjem uljnog sloja stvaraju odgovarajući pritisak u njemu čime se ostvaruje kombinacija tečnih i polutečnih trenja sa koeficijenotom trenja .
Mera otpora pokretljivosti čestica maziva je njihova viskoznost koja predstavlja svojstvo fluida da se suprostavi promeni oblika.(slika 17.36.5. Uzražava se intenzitetom tangentnih napona između slojeva koji se međusobno relativno pomeraju. Viskoznost tečnih maziva zavisi od temeprature i pritiska koja se povećanjem temeprature opada a sa povećanjem pritiska raste.



Slika17.36.5.Podmazivanje kliznih ležišta

Hidrodinamičko podmazivanje lakše je ostvariti pri manjem opterećenju i manjem zazoru a pri većem broju obrtaja i pri većoj viskoznosti. U početku obrtanja između rukavca i posteljice javlja se polutečno trenje sa velikim koeficijentom trenja. Sa povećanjem broja obrtaja do graničnog (n < ngr) kada nastaje tečno trenje samnjuje se koeficijent trenja. Daljim uvećanjem broja obrtaja a ispod graničnog (n < ngr) (sl.17.36.6.) povećava se koeficijent trenja što je posledica otpora prenosa koje se javlja u samom ulju pri čemu se povećava i temperatura maziva.
Za podmazivanje kliznih ležajeva koriste se sledeće vrste maziva:

1. Ulja za jako opterećenje ležajeva, male i velike ucestanosti obrtaja koje su izložena visokoj temperaturi,
2. Masti za manje učestanosti obrtaja i sa čestim prekidima u radu kao i za udarna opterećenja. Mast se duže zadržava u ležištu i štiti ga od opterećenja,
3. Voda se koristi kod drvenih i plastičnih ležajeva i bolje je sredstvo za hlađenje ulja,
4. Čvrsta sredstva za podmazivanje primenjuju se kod suvog podmazivanja sporohodnih ležaja koje rade na visokim temepraturama. To su radne paste i praškovi koji se nanose direktno na klizne površine (grafit i molidensulfat),
5. Ahtifrikcioni materijali imaju samopodmazujuće osobine. Pri tome je prisutno suvo trenje sa velikim koeficijentom trenja i sa većim zagrevanjem i habanjem i
6. Vazduh se primenjuje kod manjih opterećenja i kod ležajeva visoke učestanosti obrtanja. Koristi se u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji gde iz higijenskih razloga ne koristimo druga maziva.



Slika 17.36.6. Hidrodinamičko podmazivanje kliznih ležišta

7. Materijali kliznih ležajeva

Klizni ležaj je tribaloški sistem čiji su osnovni elementi materijali: rukavca, posteljice i sredstva za podmazivanje. Hidrodinamički ležajevi rade u prelaznim položajevima sa mešovitim trenjem dok ležajevi podmazivani mašću rade stalno sa mešovitim trenjem.

Izborom materijala rukavca i posteljice moguće je smanjiti otpore klizanja i postići zadovoljavajuću statičku čvrstoću i dinamičku izdržljivost. Tela

dodirnh kontakata površina se rade od materijala dovoljne čvrstoće a zatim se presvače slojem antifrikionih materijala koji imaju dovoljnu otpornost na kavitaciono razaranje.

Najčešći materijali za izradu rukavaca imaju sledeće karakteristike:

- Veću tvrdoću od materijala posteljice puta
- Rade se od čelika visokog kvaliteta površinske hrapavosti sa termičkim i temohemijskim obraćenim kliznim površinama (cementirani, nitriratni i kljeni),
- To su prevashodno legirani čelici sa hromom (brušeni i polirani)

Najčešći materijali za izradu posteljice imaju sledeće karakteristike:

- Koriste se nečelični matereijali kao što su; sivi liv, legure obojenih metala sinterovani metali i nemetali
- Telo posteljice se radi od materijala dovoljne čvrstoće i izdržljivosti sa dobrim antifrikcionim karakteristikama i
- Klizne površine se presvlače tankim slojem legura dobrih antifrikcionih svojstava

Navedene osobine poseduju sledeći materijali:

- Sivi liv (SL150; SL200; SL250; i SL300) za
- Legure kalaja (beli metal Pb; Cu; Au) za $v < 60$ m/s
- Legure cinka sa aluminijum i bakrom
- Sinterovani materijali (metalno keramički) $v < 1$ m/s
- Lrgure olova sa bakorom kalajem i cinkom
- Legure aluminijuma sa (Ci;Fe;Zu;Mu;Si)
- Plastične mase (termoplastične i termoaktivne)
- Ugalj i frafiti i
- Fuma (prirodna i sintetička)

17.37. KOTRLJAJUĆI LEŽAJEVI

1. Osnovne karakteristike i namena kotrljajnih ležajeva

Kotrljajni ležaji su mašinski elementi čiji je zadatak da omoguće relativno kretanje obrtnih delova uz istovremeno prenošenje opterećenja između njih. Predstavljaju oslonce osovina i vratila koja se preko svojih rukavaca oslanjaju i predaju opterećenje na kućišta mašina i uređaja. Kod kotrljajnih ležaja ova pokretljivost se ostvaruje na principu kotrljanja a kod kliznih na principu klizanja.

2. **Prednosti primene kotrljajnih ležaja u odnosu na klizne:**

- Niža proizvodna cena i laka nabavka ležajeva u odnosu na klizne
- Jednostavno konstrukciono izvođenje ukleštenja
- Zadovoljavajuća nosivost za manje brojeve obrtaja
- Laka zamena jer nema habanja ni naknadne obrade
- Jednostavno podmazivanje i održavanje
- Manji gubici energije (25-50)% nego kod kliznih

3. **Nedostaci primene kotrljajnih ležajeva u odnosu naklizna:**

- Viši nivo buke i vibracija nego kod kliznih
- Veća osetljivost na udarna opterećenja
- Nemogućnost ugradnje na unutrašnjim rukavcima
- Nisu pogodna za visoke učestanosti obrtanja

Oblici i mere kotrljajnih ležajeva , tolerancija mera i oblika materijala, kvalitet i način ugradnje montaže propisani su standardima. Sastoje se od prstenova ilil kolutova na koje se oslanjaju pokretni i nepokretni delovi mašina a između njih se nalaze kotrljajna tela sa svojim držačem – kavezom. Kotrljajna tela se kreću po posebno izrađenim žljebovima u kojima ostvaruju tačkasti dodir.Delovi kotrljajnih ležaja prikazani su na slici 17.37.1. Prstenovi ležaji prenose radijaalni ili radioaksijalna opterećenja a kolutn ležaji isključivo aksijalna opterećenja. Kotrljajna tela su otvrdnute, brušene i polirane kuglice ili valjčići (cilindri, konični , burići i iglice). Izrađuju se od čelika koji sadrži : $0{,}9 \div 1{,}1\% C; 0{,}4 \div 1{,}65\% S_i i 0{,}25 \div 1{,}2\% Mn$((Č 4134).

4. **Podela kotrljajnih ležaja može da se izvrši na više načina:**

1) Prema pravcu delovanja:

- Radijalne, koji prenose sila u radijalnom pravcu
- aksijalne, koji prenose sile u aksijalnom pravcu
- radiaksijalne, koji prenose sile u radijalnom i aksijalnom pravcu

2) Prema obliku kotrljajnih tela:

- kuglične
- valjačne (cilindrični, konični, bačvasti i igličasti)

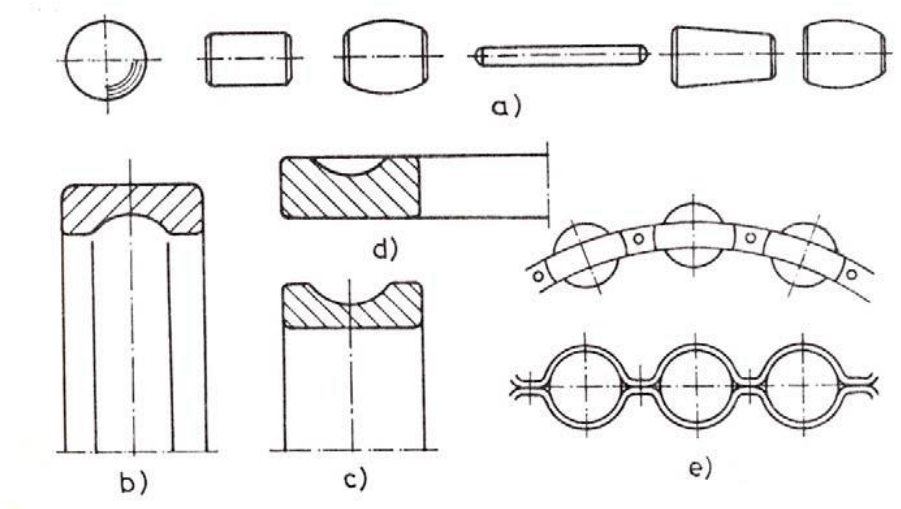
3) Prema broju redova kotrljajni ležajevi mogu biti ***jednoredni i višeredni***

4) Prema sposobnosti prilagođavanja deformaciji vratila:

- krute (ne podesive)
- zglobne (podesive)

5) Prema načinu ugradnje:

- fiksirani, koji prenose opterećenja u oba smera
- slobodni koji prenose opterećenja samo u jednom smeru.



Slika 17.37.1. Delovi kotrljajnih ležaja: a) kotrljajna tela, b)spoljni prsten, c)unutrašnji prsten, d)kolut, e)držač kotrljajnih tela (kavez)

Karakteristike kotrljanih ležaja su:

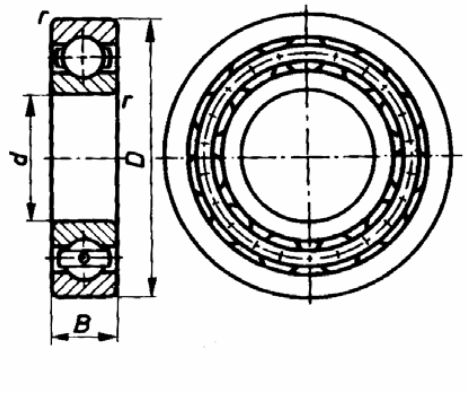
1. **dinamička nosivost (C)** - opterećenje koje ležaj može preneti u toku ukupnog broja obrta N sa verovatnoćom razaranja do 0,1 (što znači da kod 100 ležaja do ukupnog broja promena u radnom veku N razaranje može nastati do 10).
2. **statička nosivost (C_0)** - opterećenje koje pri mirovanju ležaja izazove trajne (plastične) deformacije kotrljajnih tela i prstenova, veličine 10-4 prečnika kotrljajnog tela.
3. dinamičko ponašanje - vibracije, šum
4. sposobnost da istovremeno prenosi radijalnu i aksijanu silu
5. prilagodjavanje prstena medjusobnom položaju vratila i oslonca
6. podešavanje radijalnog i aksijalnog zazora u ležaju

5. Označavanje kotrljajnih ležaja

Kod kotrljajnih ležajeva značajne mere su ugradbene mere: to su nominalni prečnik (d), spoljašnji prečnik (D), širina (B), visina (H), i spoljašnji prečnik koluta (D_K), kod kolutnih ležaja. Sve ove mere su standardizovane i sadržane su pri obeležavanju ležajeva u osnovnoj i dopunskoj oznaci.

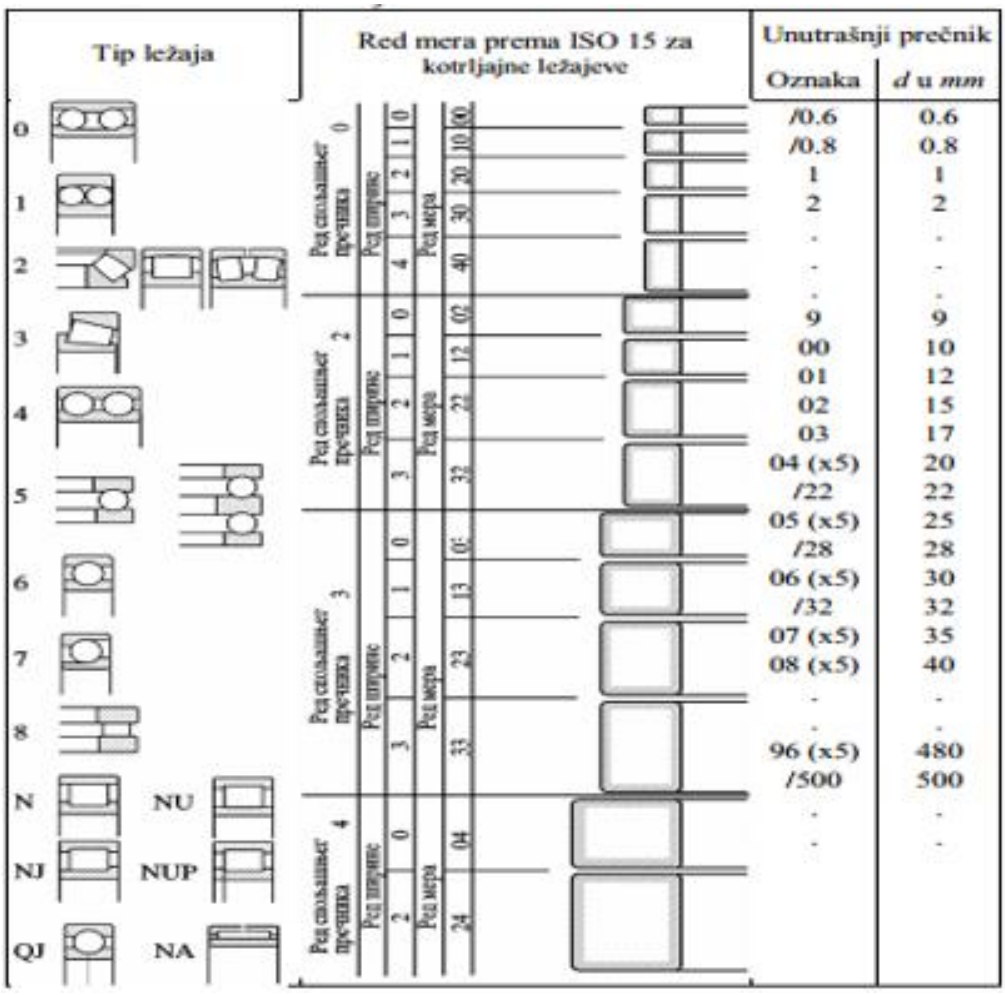
Osnovna oznaka sastoji se iz tri grupe brojeva ili slova koje se odnose:

1) Tip ležaja (jedna ili dve brojne ili slovne oznake)
2) Red mera, koji sadrži oznake reda širine R_B i reda spoljašnjeg prečnika R_D (sl.17.37.2.)
3) Unutrašnji prečnik ležaja ili provrt



Slika 17.37.2.: Kuglični kotrljajni ležaj-osnovni parametri oznake

Tabela 17.37.1. Tabelarni pregled obeležavnja kotrljanih ležajeva



Za jedan unutrašnji prečnik uvode se više spoljašnjih prečnika i širina, čime se obezbedjuje niz različite nosivosti ležaja. Označavanje je dato u SRPS M.C3.506, a pored osnovne ležaj sadrži i dopunsku oznaku koja se odnosi na: modifikaciju konstrukcije, unutrašnji zazor i tolerancije, mazivo i zaštitna sredstva.

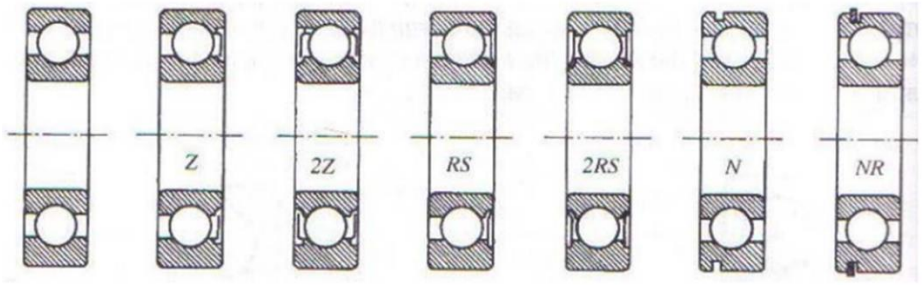
Radijalni ležaji

Radijalni-jednoredi kuglični ležaj (sl.17.37.3.a) služi za prenošenje prvenstveno radijalnih sila sa vratila (ili osovina). Takodje, ovaj ležaj može preneti i aksijalne sile koje nisu veće od 70% nosivosti ležaja. Kod ovog ležaja broj kuglica je relativno mali i ograničen je mogućnošću sklapanja. Broj kuglica može biti uvećan, ako se na prstenima načini bočno proširenje

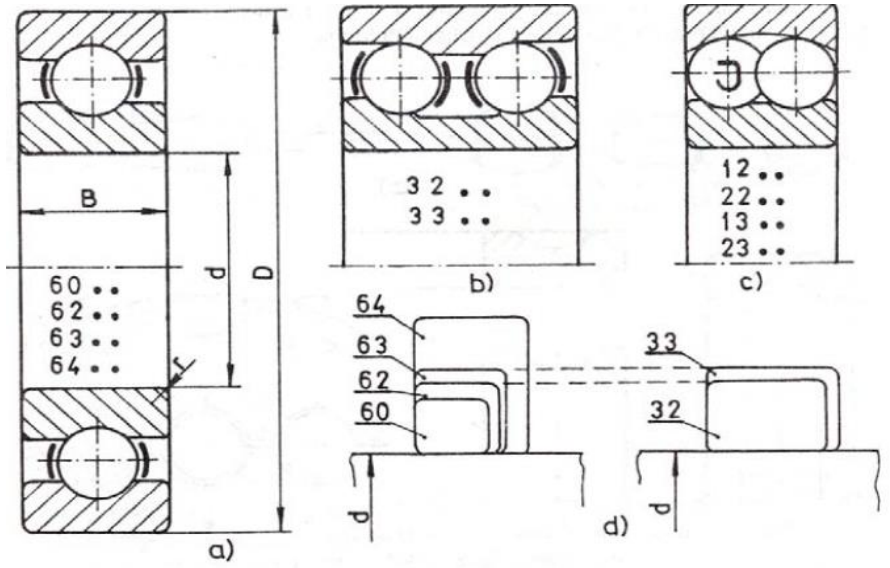
u vidu otvora za punjenje. Na ovaj način, radijalna nosivost se povećava do 1,4 puta, medjutim ležaji sa otvorom za punjenje ne mogu prenositi aksijalna opterećenja. Radijalni-jednoredi kuglični ležaj je najšire zastupljen u primeni u poredjenju sa drugim ležajima.

Radijalni-dvoredi kuglični ležaj (sl.17.37.3.b) je povećane nosivosti, radijalne i aksijalne. Nije rasklopiv, ima mali zazor i nije pogodan za visoke učestanosti obrtanja vratila. Ugradjuje se samo u onim osloncima gde je krutost vratila visoka, jer je osetljiv na elastične deformacije vratila. Nije naročito zastupljen u primeni jer je pored navedenih nedostataka skup.

Kuglični jednoredni ležaj sa radijalnim dodirom Oznake 60, 62, 63, 64



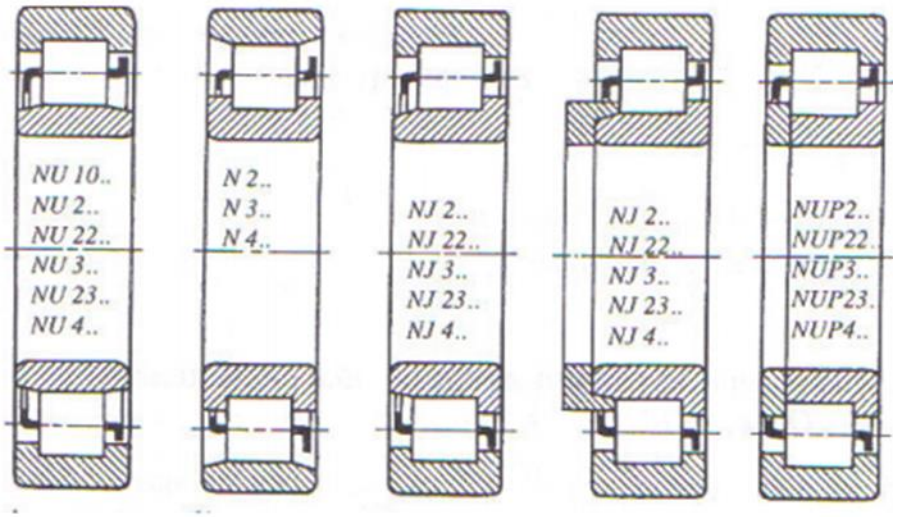
Slika 17.37.3.. Oznaka kugličnog radijalnog ležaja



Slika 17.37.3.: Radijalni kuglični ležaji: a)jednoredi, b)dvoredi, c)dvoredi podešljivi, d)uporedjivanje veličina poprečnog preseka ležaja

Kuglični podesivi ležaj (sl.17.37.3.c) uglavnom se ugradjuje u osloncima elastičnih vratila u kojima su prisutni relativno veliki nagibi elastične linije, tj. gde dolazi do znatnijeg savijanja vratila usled većeg opterećenja. Ova podesivost je postignuta oblikom unutrašnje površine spoljnjeg prstena. Kuglični podesivi ležaji nisu pogodni za prenošenje većih aksijalnih sila. Na slici 17.37.3. pod a),b) i c) prikazane su prve dve cifre od četvorocifrene oznake tipa ležaja. Ove dve cifre oznake povezane su sa prečnikom i širinom ležaja (sl.17.37.3. d)

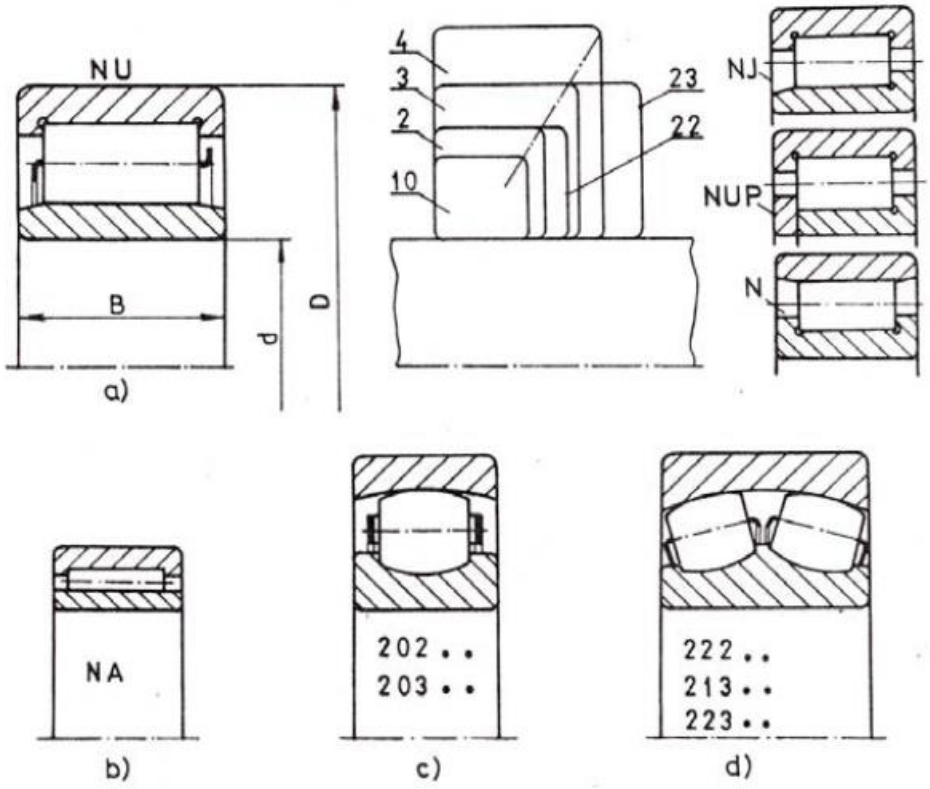
Valjčani ležaji (sl.17.37.4.a) su veće nosivosti u odnosu na kuglične i to čak do 1,7 puta. Koriste se za prenošenje velikih radijalnih sila kod izrazito krupnih vratila. Njima nije moguće prenošenje aksijalnog opterećenja. Obižno su rasklopivi i ta rasklopivost se postiže aksijalnim pomeranjem jednog ili drugog prstena, u jednom ili oba smera. Rasklopivost omogućuje ugradnju maksimalnog broja kotrljajnih tela, što se odražava na povećanje nosivosti.
Cilindrično valjčani jednoredi ležaj Oznake NU, N, NJ, NUP



Slika 17.37.4. Oznaka cilindrično valjčanog jednorednog ležaja NU, N, NJ, NUP

Iglični ležaji (sl. 17.37.5.b) su u poredjenju sa valjčanim veće nosivosti, a manjih gabarita. Za isti prečnik provrta (d) kod ovog ležaja se ugradjuje veći broj kotrljajnih tela, a smanjena je debljina ležaja tj. smanjen je spoljni prečnik. Ovi ležaji se odlikuju visokom radijalnom nosivosti, ali prenošenje aksijalnih sila nije moguće kao što nisu dopuštene ni deformacije vratila, odnosno, rukavaca.

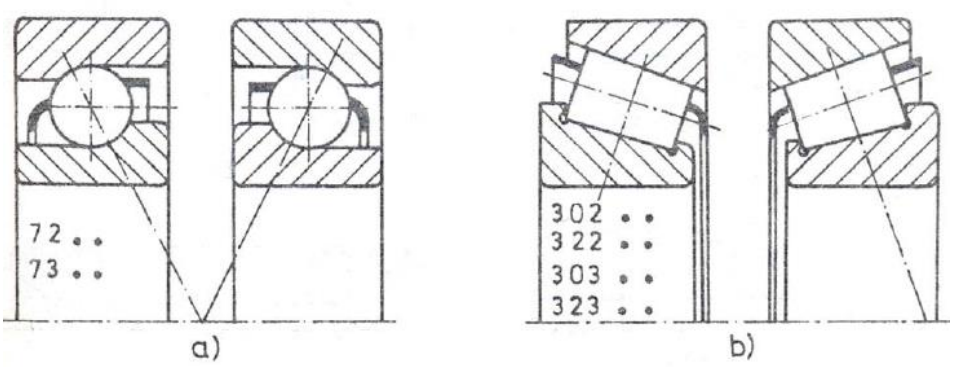
Na slici 17.37.5.c prikazan je podesivi ležaj sa jednim redom bačvica, a na slici 17.37.5.d podesivi ležaj sa dva reda bačvica. Odlikuju se visokom nosivošću, visokom prilagodljivosti elastičnim deformacijama vratila. Nisu pogodni za prenošenje većih aksijalnih sila, niti su osetljivi na udare. Primenjuju se za vrlo teške uslove rada, i vrlo su skupi u poredjenju sa drugim ležajima.



Slika 17.37.5: Radijalni ležaji: a)valjčani, b)iglični, c) podesivi ležaj sa jednim redom bačvica, d) podesivi ležaj sa dva reda bačvica

Radiaksijalni ležaji

Ovi ležaji pogodni su za prenošenje i radijalnih i aksijalnih sila. Od radijalnolaksijalnih ležaja dosta često se ugradjuju: jednoredi kuglični ležaj sa kosim dodirom i konusno valjčani ležaj. Ova dva ležaja (sl.17.37.6.) imaju kosi



Slika 17.37.6.: Radiaksijalni ležaji: a) jednoredi kuglični ležaj sa kosim dodirom i sa "X" ugradnjom, b) konusno valjčani ležaj sa "O" ugradnjom

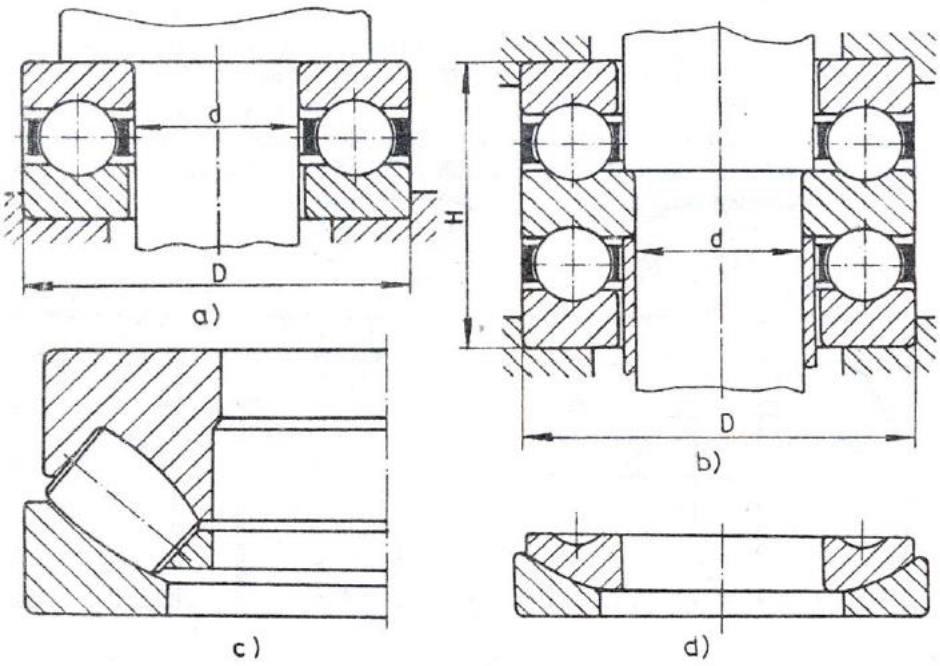
dodir prstena i kotrljajnog tela (kuglice odnosno valjka) koji omogućava relativno veliki prijem aksijalne sile u poredjenju sa radijalnom. Pošto se tokom rada dejstvom radijalne sile na kosu površinu indukuje aksijalna sila sa tendencijom da rasklopi ležaj tj. da istisne unutrašnji prsten u odnosu na spoljni. Da bi se poništilo dejstvo ove indukovane aksijalne
sile, ova dva tipa ležaja se ugradjuju u paru. Normale na dodirne površine u ovako formiranim parovima mogu obrazovati slovo "X" (sl.17.37.6.a) ili slovo"O" (sl.17.37.6.b). I kod "X" i "O"-ugradnje unutrašnji zazor u ležaju se može podešavati.

Jednoredi kuglični ležaj sa kosim dodirom je rasklopiv. Ima jednostranu kotrljajnu stazu u koju je moguće ugraditi znatno više kuglica što se odražava na povećanje nosivosti. Prenošenje aksijalne sile moguće je samo u jednom smeru, što se kompenzuje, kako je već opisano, ugradnjom u parovima. Izradjuju se u dve veličine za isti prečnik
provrta, sa oznakom 72.. i 73.., sa dodatkom oznake prečnika provrta.

Konusno-valjčani ležaj sastoji se iz spoljnjeg konusnog prstena koji je rasklopiv i unutrašnjeg prstena koji se ne može odvajati od kotrljajnih valjaka i kaveza. Odlikuju se visokom nosivošću i posle kugličnih jednorednih ležaja sa radijalnim dodirom, najšire su zastupljeni u primeni. Izvode se u pet veličina (redova mera) za svaki prečnik provrta.

Aksijalni ležaji

Aksijalni kolutni ležaj može biti jednoredi (sl.17.37.7.a) i dvoredi (sl.17.37.7.b).



Slika 17.37.7.: Aksijalni (kolutni) ležaji: a)jednoredi kuglični, b)dvoredi kuglični, c)konusno bačvasti, d)oslanjanje sfernih koluta

Jednoredi kuglični ležaj služi za prenošenja aksijalne sile samo u jednom smeru, dok se dvoredni primenjuje za dvosmerno aksijalno opterećenje. Ovi ležaji ne mogu prenositi nikakvu radijalnu silu. Ako u osloncu takva sila postoji, potrebno je ugraditi drugi ležaj za njeno prenošenje, ili radiaksijalni ili pored aksijalnog postaviti i radijalni, u zavisnosti šta se želi postići odnosno koja opterećenja preneti. Kolutni ležaji nisu prilagodljivi elastičnim deformacijama vratila. Ovaj nedostatak se delimično može otkloniti tako što se koluti oslone na sferne površine, kao što je to na slici 5.67d prikazano.

Kolutni konusno-bačvasti ležaj (sl 17.37.7.c) za razliku od prethodnog sa aksijalnim dodirom, osim aksijalnih, može preneti i znatne radijalne sile. Prilagodljiv je elastičnim deformacijama vratila, ali se izradjuje samo za veće prečnike provrta.

6. Ekvivalentno opterećenje i nosivost

Proračunavanje ležaja svodi se na odredjivanje opterećenja koja ležaj može da prenese, na izbor vrste i veličine ležaja i izračunavanje njegovog radnog veka. Ekvivalentno, ukupno, opterećenje ležaja F dobija se na osnovu geometrijskog zbira

radijalne Fr i aksijalne komponente Fa otpora oslonaca. Kako su geometrijski odnosi na mestu dodira kotrljajnih tela i prstenova svakog ležaja odredjeni, to se sabiranje komponenata svodi na algebarski zbir istih, pa se ekvivalentno opterećenje se računa preko izraza:

$$F = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

gde su: X, Y uticajni faktori koji se u zavisnosti od tipa ležaja usvajaju iz Tabele 17.37.2..

Treba imati na umu da radijalna sila Fr predstavlja vektorski zbir svih radijalnih sila u osloncu (rukavcu vratila) gde je ležaj ugradjen. Ako su u tom osloncu reakcije u ravni xz, Fx(slika 17.28.1. iz Poglavlja: Opterećenje vratila, bilo da je oslonac A ili B), a u ravni yz, Fy, ukupno radijalno opterećenje ležaja je:

$$F_r = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Aksijalno opterećenje Fa jednako je aksijalnoj reakciji oslonca, ako je izabran da prenosi aksijalnu silu.

Ako se opterećenje menja od Fmin do Fmax pri n=const. srednje ekvivalentno opterećenje iznosi:

$$F = \frac{F_{\min} + 2 \cdot F_{\max}}{3} \text{ - za kuglične}$$

$$F = (0{,}63 \div 0{,}66) \cdot (F_{\min} + 2 \cdot F_{\max}) \text{ - za valjčane}$$

Za ležaje koji rade pri n < 10min^{-1} ili miruju u odredjenom periodu:

$F_0 = X_0 \cdot F_{r0} + Y_0 \cdot F_{a0}$, gde su Fr_0 i Fa_0 statičke komponente opterećenja, a X0 i Y0 X, Y

uticajni faktori pri statičkom opterećenju. Ako je pri računu $F_0 < Fr_0$, usvaja se $F_0 = F_{r0}$.

Tabela 17.37.2.: Pregled osobina kotrljajnih ležajeva

Ležaj		e	$F_a/F_r \le e$ X	Y	$F_a/F_r > e$ X	Y	X_0	Y_0	$\frac{C}{C_s}$	γ_{max}	n_{max} s^{-1}	$\frac{T_M}{T_{\mu s}}$
60 62 63 64 (BC)	$F_a/C_0 = 0.028$ 0,056 0,084 0,11 0,17 0,28 0,42 0,56	0,22 0,26 0,28 0,30 0,34 0,38 0,42 0,44	1	0	0,56	1,99 1,71 1,55 1,45 1,31 1,15 1,04 1,00	0,6	0,5	1	8' . . . 16'	Za $D<3$ cm $\frac{1500}{D/\text{cm}+1}$ Za $D>3$ cm $\frac{750}{D/\text{cm}-1}$	1
72,73 (BN)		1,14	1	0	0,35	0,57	0,5	0,26	1,05 . . 1,2	0' . . . 2'		1 . . . 1,3
32,33 (BG)		0,86	1	0,73	0,62	1,17	1	0,63	1,4 . . . 1,7	0'	$\frac{530}{D/\text{cm}-1}$	2
12 (BS02)	$d=15$ . . . 25 mm 30 mm 35 mm 40 . . . 50 mm 55 . . . 60 mm 65 . . . 70 mm 75 . . 120 mm	0,31 0,25 0,24 0,22 0,20 0,19 0,18	1	2,1 2,5 2,65 2,9 3,2 3,4 3,5	0,65	3,2 3,85 4,1 4,5 5,0 5,3 5,4	1	0,68 Y	0,7 . . . 0,8	2° . . . 4°	Za $D<3$ cm $\frac{1500}{D/\text{cm}^{+1}}$ Za $D>3$ cm $\frac{750}{D/\text{cm}-1}$	1
13(BS03)	10 . . . 15 mm 20 . . . 25 mm 30 . . . 40 mm 45 . . . 55 mm 60 . . 100 mm 110 mm 120 mm	0,33 0,30 0,26 0,25 0,23 0,25 0,23	1	1,9 2,1 2,35 2,55 2,65 2,45 2,75	0,65	3,0 3,25 3,65 3,95 4,1 3,9 4,25						
22 (BS22)	$d=15$ . . . 20 mm 25 mm 30 . . . 35 mm 40 . . . 45 mm 50 . . . 70 mm 75 . . . 85 mm 90 . . . 95 mm	0,47 0,39 0,37 0,31 0,27 0,25 0,27	1	1,35 1,6 1,75 2,05 2,3 2,45 2,3	0,65	2,1 2,5 2,65 3,15 3,55 3,8 3,6						
NU, N, NJ, NUP (RU, RN, RJ, RT)			1	—	1	—	1	—	1,4 . . . 1,9	0 . . . (2')	$\frac{750}{D/\text{cm}-1}$	1,3 . . 1,5
Iglični NA			1	—	1	—	1	—	2 . . . 2,6		$\frac{600 \ldots 750}{D/\text{cm}-1}$	
222(SD22)	$d=40$ . . . 45 mm 50 . . 100 mm 110 . . 220 mm	0,27 0,23 0,26	1	2,5 2,9 2,6	0,67	2,7 4,4 3,9	1	0,68 Y	2 . . . 2,6	30' . . . 2°	$\frac{530}{D/\text{cm}-1}$ za 222 i 223	2,7 . . 3
223(SD23)	40 . . . 50 mm 55 . . . 60 mm 65 . . 140 mm	0,42 0,40 0,37	1	1,6 1,7 1,8	0,67	2,4 2,5 2,7						
302(KB02)	15 . . . 20 mm 25 . . . 40 mm 45 . . 120 mm	0,35 0,38 0,42	1	0	0,4	1,75 1,6 1,45	0,5	0,55 Y	1,6 . . . 2,3	0 (2')	$\frac{530}{D/\text{cm}-1}$	2
303(KB03)	20 . . . 35 mm 40 . . 100 mm	0,30 0,34	1	0	0,4	2,0 1,75						
322(KB22)	$d=30$ . . . 40 mm 45 . . 110 mm 120 mm	0,37 0,41 0,43	1	0	0,4	1,6 1,45 1,35						
323(KB23)	25 . . . 35 mm 40 . . . 75 mm	0,30 0,34	1	0	0,4	2,0 1,75						
512, 513, 523 (TA, TD)			—	1	—	1	—	1	2 . . . 2,6	0; a sa sfern. prsten. do 2°	$\frac{233}{D/\text{cm}-1}$	1
294(TS)			1,5	1	1,5	1	3	1	5,5 . . . 8	2°	$\frac{233}{D/\text{cm}-1}$	

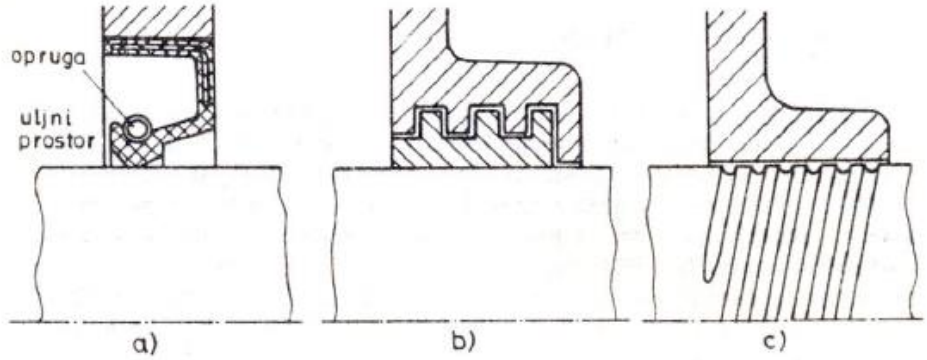
7. Podmazivanje i zaptivanje

Uloga maziva, u koje spadaju masti i ulja, je da smanji koeficijent trenja i da deo stvorene toplote odvede iz ležišta.
Kod kliznih ležaja se kao mazivo koristi ulje, uglavnom mineralno, a može da bude i biljnog i životinjskog porekla.
Kod kotrljajnih ležaja podmazivanje može biti:

1. mašću, pri n < 3000min-1 i za radne temperature t < 125^0C, pri čemu se mašću puni 30÷50% slobodnog prostora ležaja
2. uljem, pri n > 3000min-1 i za radne temperature t < 125^0C.

Načini podmazivanja uljem bili bi: uljnom maglom, uljnom kadom, pod pritiskom, fitiljem i sl.
Uljnom maglom - se odvija u zatvorenom prostoru (kućištu prenosnika) gde: **zupčanici, specijalni delovi sa lopaticama, prsten i sl., bućkaju i raspršuju ulje u ležaj.**

Uljnom kadom - tako da su kotrljajna tela potopljena od 1/3 do 1/2 prečnika ležaja
Uljem pod pritiskom - pumpa sa sistemom za hladjenje kod visokog broja obrta i temperatura.
Zaptivanje sprečava prodiranje: prašine, vlage, vode u ležaj, kao i izlaženje maziva iz ležaja.
Može biti: labirintno (stepenasti kanali kao lavirint) i zaptivnim elementima. Na slici 17.37.8. su prikazani neki od načina zaptivanja.



Slika 17.37.8.: Zaptivanje prostora za ležaje oko vratila: a)gumenim zaptivačem sa oprugom, b)labirintsko zaptivanje, c) zaptivanje zavojnim

17.38. SPOJNICE

1. Opšte o funkciji spojnica

Spojnice su mašinski elementi koji služe za spajanje dva koaksijalna vratila ili vratila sa obrtnim delovima radi prenošenja obrtnog elementa. Najčešće se spojnicama spajaju vratila pogonske mašine sa vratilom radne mašine ili dugačke transmisiona vratila, slika 17.38.1. Pored ove osnovne funkcije spojnice mogu imati i niz drugih dodatnih funkcija kao što je :

- Prenošenje obrtnih momenata između vratila sa radijalnim aksijalnim i ugaonim odstupanjima njihovih osa
- Prigušenje torzionih oscilacija i udarnih opterećenja
- Daljinsko ili automatsko prenošenje i upravljanje obrtnog momenta
- Osiguranje sistema od preopterećenja i
- Prenos obrtnog momenta samo u jednom smeru

Osnovna podela spojnica izvršena je prema mogućnosti razdvajanja ostvarene veze u toku rada i to na:

1. Nerazdvojive koje obezbeđuju neprekidno prenošenje obrtnog momenta u toku rada, bez mogućnosti međusobnog razdvajanja vratila,
2. Razdvojive koje po potrebi omogućuju njeno uključivanje i isključivanje u toku radaSpojnice su mašinski elmenti koji služe za spajanje krajeva dva ili više vratila u jednu cjelinu.

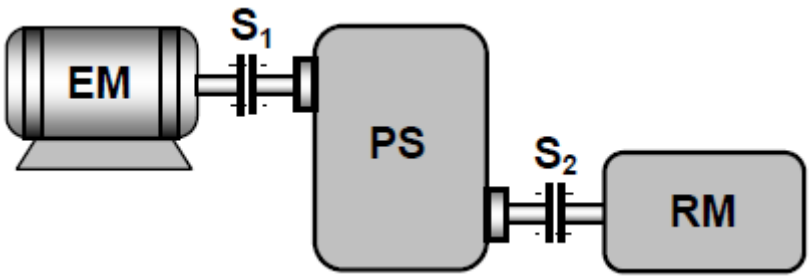
Nerazdvojive spojnice spajaju vratila u jednu kinematički krutu celinu, koja se može razdvojiti samo rasklapanjem spojnice.

U zavisnosti od na čina uključivanja i rada, spojnice se djele na:

- mehničke
- elektromagnetne,
- hidrauličke,-
- pneumatske i-
- hidrodinamičke.

Prema načinu prenošenja obrtnog momenta i mogućnosti kompenzacije netačnosti položaja vratila, dele se na:

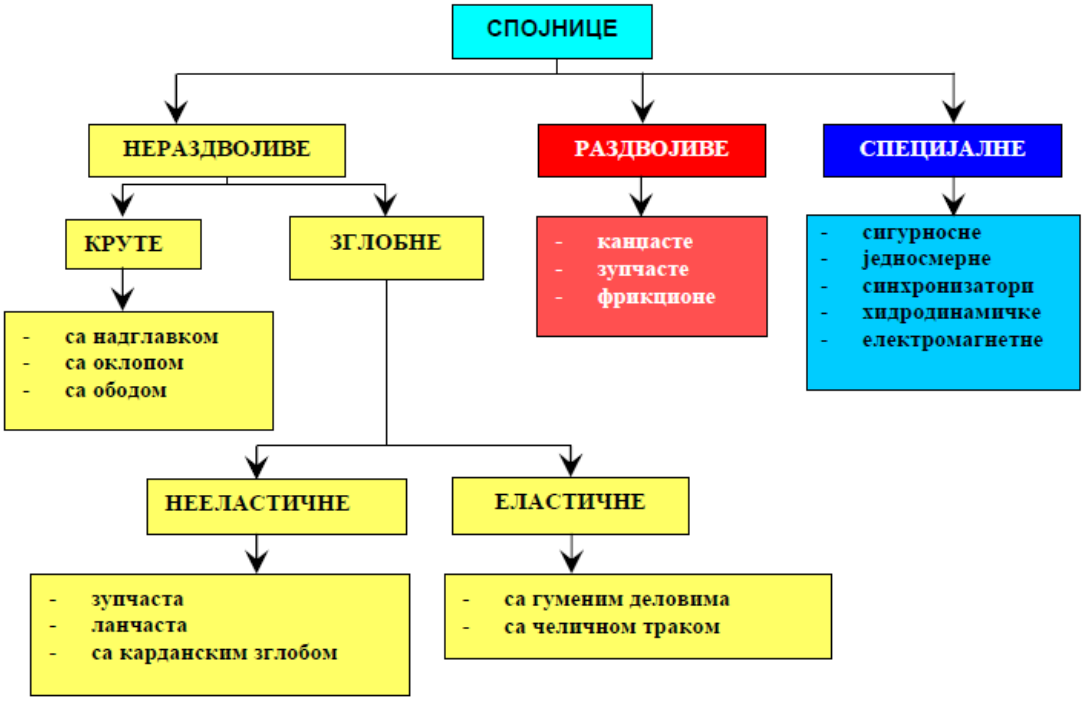
- krute i
- prilagodljive.



Slika 17.38.1.. Šematski prikaz pogonske mašine –EM, prenosnik snage-PS, radne mašine-RM i spojnica S_1 i S_2

17.39. PODELA SPOJNICA

Spojnice su mašinski elementi pomoću kojih se spajaju dva saosna obrtna mašinska elementa radi prenosenja obrtnog momenta. Dele se na osnovu svoje funkcionalnosti prikazano na šemi 17.39.1.



Slika 17.39.1.Podela spojnica po osnovu načina funkcionisanja

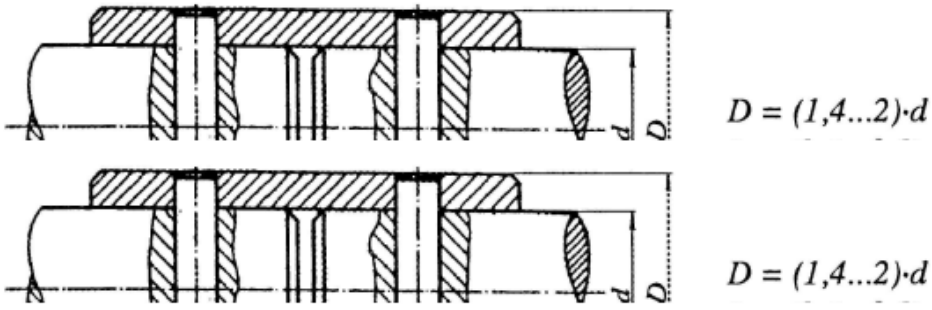
U nerazdvojive spadaju krute i prilagodljive. U razdvojive spadaju: uključno-isključne, centrifugalne, sigurnosne i jednosmerne.
Spojnice proizvode specijalizovane fabrike prema odgovarajućim preporukama i standardima. Zadatak konstruktora je da na osnovu prečnika vratila, opterećenja i radnih uslova izvrši njihov izbor prema katalogu proizvođača.

1. Krute spojnice

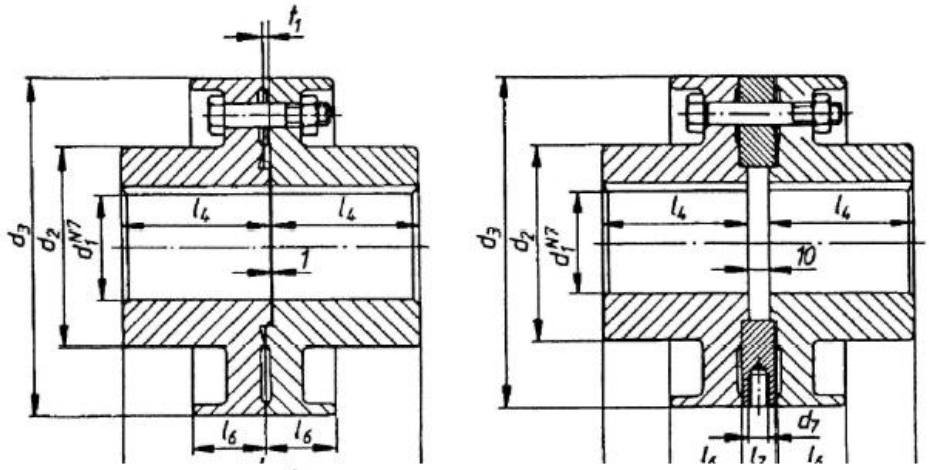
Krute spojniice slika 17.39.2.; 17.39.3.; i 17.39.4. spajaju vratila u jednu statičku celinu. Svi udari, vibracije i neravnomernosti obrtnog momenta prenose se u potpunosti sa jednog vratila na drugo. Ove spojnice prenose ne samo momente uvijanja već i momente savijanja sa jednog vratila na drugo, odiosno čini spojena vratila statički neodrenenim nosačem. Za ugradnju krutih spojnica zahteva se vrlo visoka tačnost u pogledu saosnosti vratila. Ukoliko to nije ispunjeno, onda pri sklapanju spojnice dolazi do elastičnih deformacija vratila, što u toku rada dovodi do dopunskih dinamičkih opterećenja vratila, ležaja i same spojnice. Veličinu ovih opterećenja jako je teško odrediti i kontrolisati. Prema tome ugradnja krutih spojnica preporučuje se samo ukoliko je obezbeñena potpuna saosnost vratila.
Osnovne prednosti ovih spojnica su male dimenzije, veliki obrtni moment koji mogu da prenesu u oba smera, jednostavno konstrukciono izvoñenje i što u toku eksploatacije praktično ne zahtevaju nikakvo održavanje.

*Karakteristične krute spojnice***:**

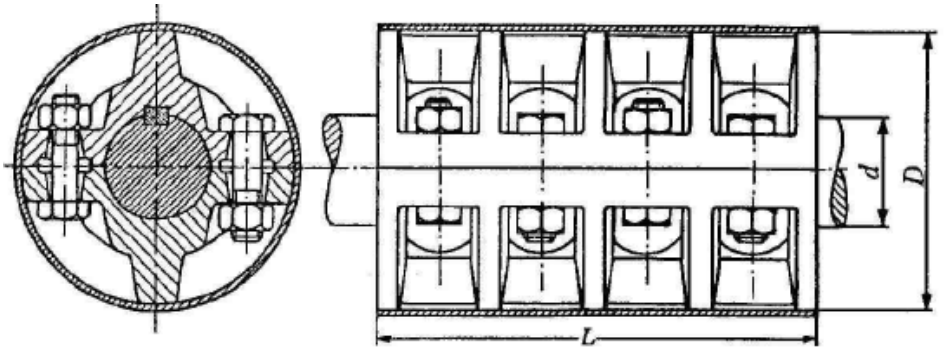
- spojnica sa naglavkom;
- spojnica sa obodima i
- oklopna spojnica



Sika 17.39.2. Spojnica sa naglavkom



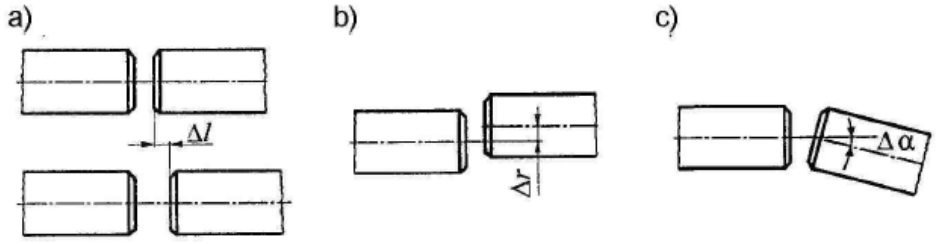
Slika 17.39.3 . Spojnice sa obodima



Slika 17.39.4.. Oklopne spojnice

2. Prilagodljive spojnice

Kod primene krutih spojnica, zbog termičkih dilatacija, može doći do ometanog izduženja vratila, praćeno pojavom dodatnih opterećenja ležaja. Prenošenje momenata savijanja sa jednog vratila na drugo, kao i nesaosnost vratila kod primene krutih spojnica takoñe dodatno opterećuje ležaje i vratila. Zbog toga se nameće potreba primene spojnica, koje mogu da kompenzuju meñusobna aksijalna l, radijalna r i ugaona α odstupanja osa spojenih vratila (sl. 17.39.5.,a,b,c). Ove spojnice nazivaju se prilagodljive spojnice. One mogu prenositi obrtni moment sa i bez prigušenja udara i vibracija u radu, dakle mogu biti neelastične i elastične.



Slika 17.39.5.. Oklopne spojnice
Aksijalna (a), radijalna (b) i ugaona (c) vratila odstupanja osa

Prilagodljive neelastične spojnice

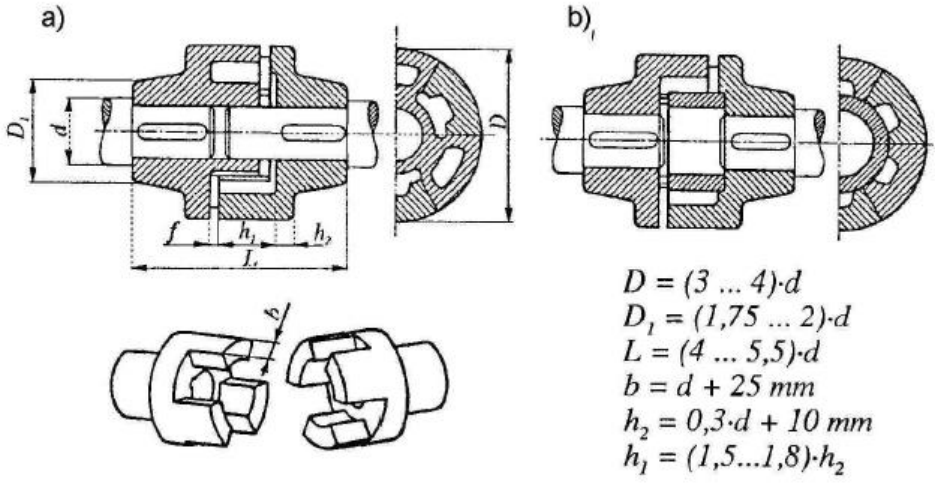
Prilagodljive neelastične spojnice prenose obrtni moment isto kao i krute spojnice, dakle bez prigušenja udara i vibracija. Pri tome se zbog kompenzacije aksijalnih, radijalnih i ugaonih odstupanja osa vratila, javlja klizanje i trenje izmenu dodirnih površina, što i pored podmazivanja dovodi do njihovog habalja.

3. Kandžasta spojnica

Kandžasta spojnica sastoji se od dve glavčine koje su presovanjem navučene na krajeve vratila, i dodatno osigurane klinovima. Glavčine su proširene u obode koji sa čeone strane imaju po tri kandže i po tri čeona žleba (sl.17.39.6.). Kandže polutki spojnica meñusobno se sprežu bokovima, pri čemu se obrazuje naleganje sa malim zazorima. Centriranje vratila izvodi se ili preko glavčine jedne polutke spojnice (sl. Sl.17.39.6,a -dvodelna spojnica), ili preko posebnog prstena (Sl.17.39.6,b -trodelna spojnica). Osim mogućnosti kompenzacije aksijalnog pomeranja vratila, ostale osobine kandžaste spojnice su iste kao i kod krutih spojnica. Primenjuje se kod dužih transmisionih vratila gde se očekuju veće termičke dilatacije vratila. Za svaki poseban slučaj potrebno je izvršiti proveru dilatacije l , koja mora biti manja od zazora izmeñu oboda polutki spojnica f, odnosno:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta\vartheta < f$$

gde je: l – dužina vratila; $\Delta\vartheta$ - razlika temperature; α – koeficijent linearnog širenja (za čelik α = 11·10–6K); f – zazor izmenu oboda polutki spojnica.

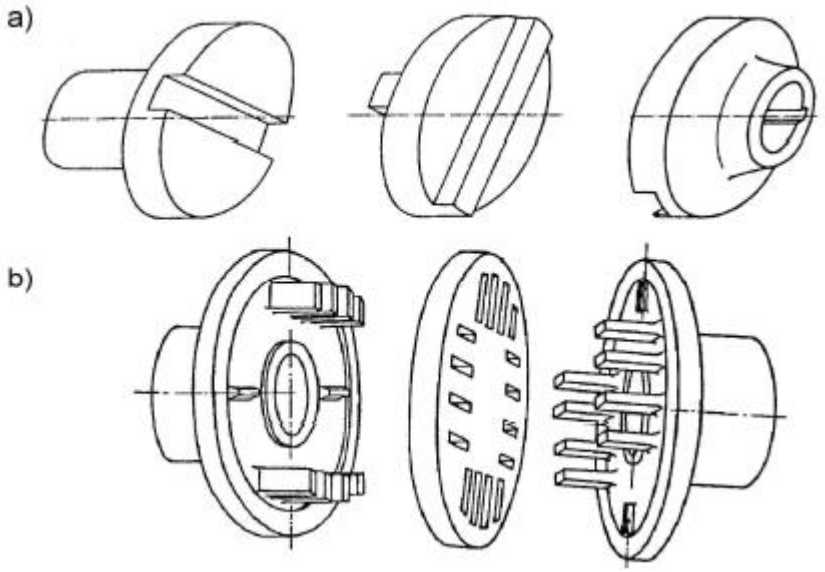


Slika 17.39.6.. Dvodelna (a) i trodelna (b) kandžasta spojnica

Kandžasta spojnica izrañuje se od livenog gvožña. Proračun spojnice sastoji se u proveri površinskog pritiska na dodirnom površinama kandži:

4. Krstasta spojnica

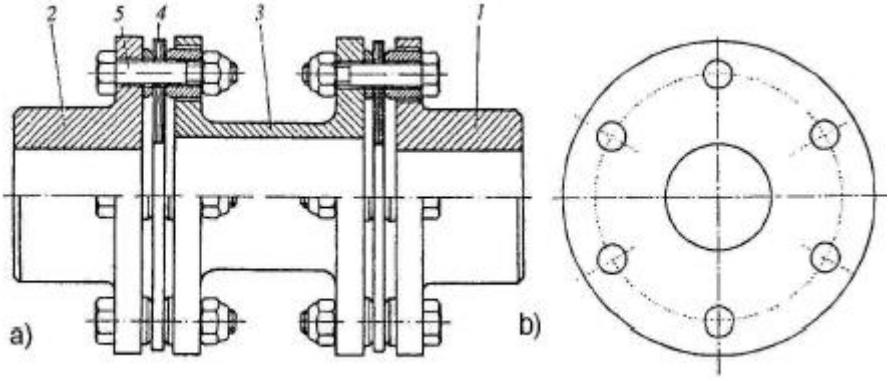
Krstasta spojnica sastoji se od dve polutke čije su glavčine navučene na krajeve vratila, a na obodima imaju radijalno postavljene žlebove. Izmenu ovih polutki postavlja se menuelement (okrugla ploča), koji ima dva pod 90° postavljena zupca (*Sl.17.39.7.*.,a). Pri sklapanju zupci dolaze u odgovarajuće žlebove polutki spojnica, tako da su pri okretanju
vratila, zbog radijalnog klizalja duž ovih žlebova, moguća pomeranja u radijalnom pravcu. Takoñe su moguća i manja pomeranja u aksijalnom pravcu, tako da ove spojnice mogu da kompenziraju radijalna (do 5% prečnika vratila) i manja aksijalna odstupanja osa vratila. Za proračun spojnice potrebno je izvršiti proveru površinskog pritiska dodirnih površina. Zbog klizanja izmeñu dodirnih površina praćeno habanjem, ove spojnice su pogodne za niže učestanosti obrtanja i manje obrtne momente. Jedno od mogućih konstrukcionih izvoñenja ove spojnice prikazano je na Sl.17.39.7.,b.



Slika 17.39.7. Šematski prikaz (a) i konstrukciono izvoñenje krstaste spojnice (b)

5. Turbofleks spojnnca

Turbofleks spojnica sastoji se od dve glavčine sa obodima (1) i (2) (*Sl. 17.39.8.*,a) izmenu kojih se nalazi menuelement (3), koji ima oblik kratkog šupljeg vratila sa obodima na krajevima. Obodi glavčina (1) i (2) povezani su sa menuelementom (3) sa po šest podešenih zavrtnjeva (5), ali veza nije direktna nego se ostvaruje fleksibilnim metalnim prstenovima (4).



Slika 17.39.8. a) Turbofleks spojnica; b) Fleksibilni metalni prsten

Prstenovi su izraneni od tankog čeličnog lima za opruge (Sl. 2.3.10.7.,b), tako da se po potrebi ugranuje veći broj prstenova istovremeno. Podešenim zavrtnjevima prstenovi su naizmenično povezani sa obodima spojnice (tri zavrtnja) i menuelementom (3) (takone tri zavrtnja). Na taj način oni

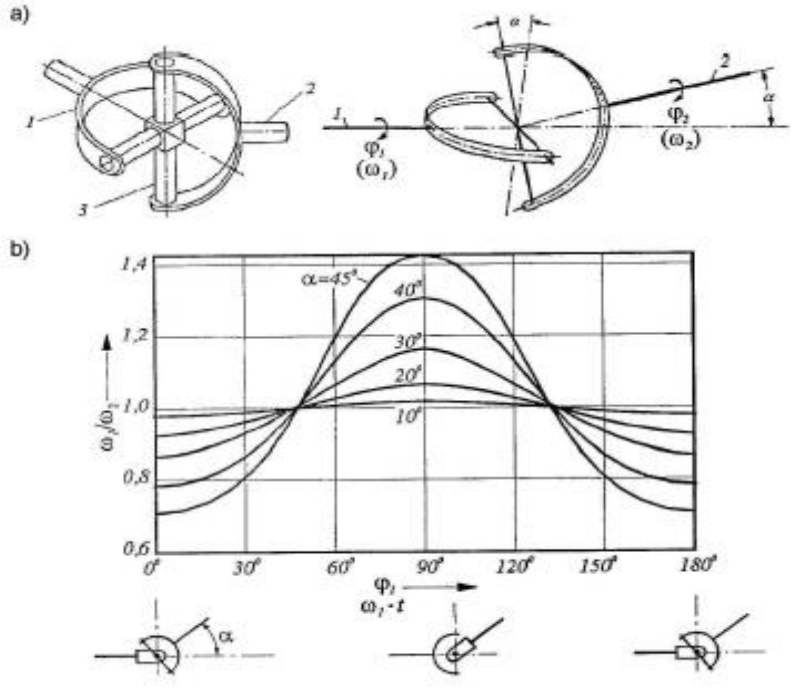
prenose obrtni moment i omogućuju manja aksijalna i ugaona pomeranja spojenih vratila. Meñuelement (3) dozvoljava manja radijalna pomeranja, tako da ova spojnica može da kompenzira radijalna, aksijalna i ugaona odstupanja osa vratila. Turbofleks spojnice mogu da prenesu obrtni moment do 2600 Nm.

6. Zupčasta spojnica

Zupčasta spojnica predstavlja jedno od najboljih rešenja neelastične spojnice. Može da prenese velike obrtne momente, a uz to dobro podnosi visoke učestanosti obrtanja. Primenjuje se kod, pumpi, mlinova, bagera, dizalica, odnosno kod teških uslova rada.Izvodi se u dve konstrukcione varijante i to kao jednostrana i dvostrana

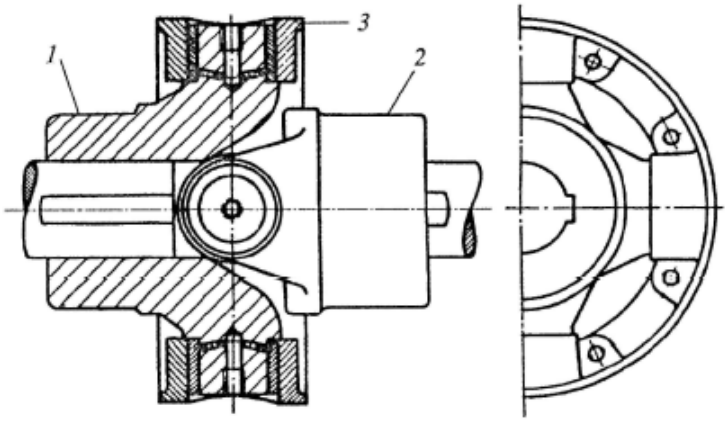
7. Zglobna (kardanova) spojnica

Italijanski fizičar Kardano (G.Cardano) je još u XVI veku definisao mehanizam na osnovu koga je kasnije razvijena zglobna spojnica, koja se u stručnoj literaturi naziva i kardanova spojnica (kardanov zglob). Ova spojnica omogućuje spajanje vratila čije se ose seku pod većim uglom slika 17.39.9. Ugao izmenu osa vratila (ugao prelamanja) može biti stalan i promenljiv i to teorijski u granicama α = 0°... 45°, a u praksi je α =5°... 30°.



Sl. 17.39.9. Princip rada zglobne spojnice

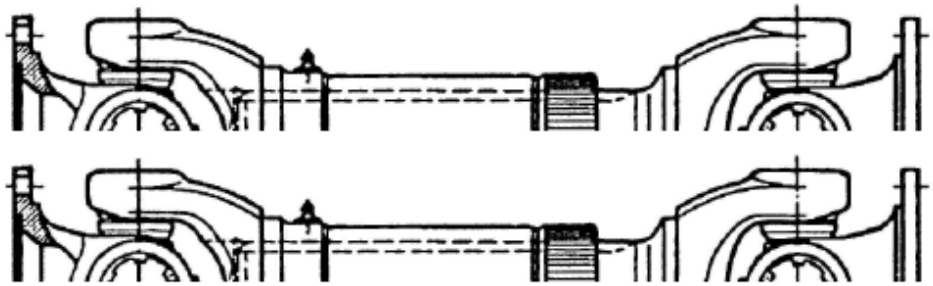
Princip rada ove spojnice zasniva se na dva pod 90º postavljena zgloba (*Sl. 17.39.9.*), gde svaki zglob pojedinačno može da se pomera u jednoj ravni. Zglobovi se sastoje od dve viljuške (1) i (2) čije su ušice preko rukavaca spojene sa kardanovim krstom (3). Viljuške su preko odgovarajućih glavčina spojene sa vratilima. Obzirom da su zglobovi
postavljeni pod 90° i svaki od njih može da se kreće u jednoj ravni, to ova dva osnovna kretanja omogućuju u prostoru bilo koji ugaoni položaj spojenih vratila. Zavisno od veličine opterećenja i eksploatacionih uslova razvijen je veliki broj konstrukcionih rešenja zglobnih spojnica. Jedno od vrlo često korišćenih izvoñenja je zglobna spojnica Vilfel (Wulfel), (Sl. 17.39.10.), koja dozvoljava uglove prelamanja do 15°, a izvodi se za prečnike vratila do 200 mm.



Slika 17.39.10. Zglobna spojnica Vilfel

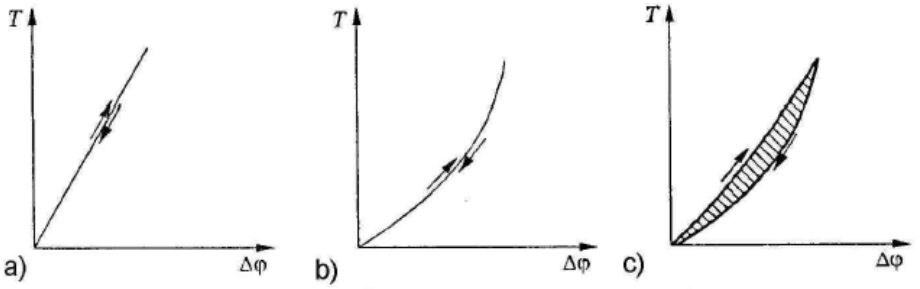
Glavčine od livenog gvožna polutki spojnica (1) i (2) navučene su na krajeve vratila i za njih spojene pomoću klina. Krajevi polutki spojnica izvedeni su u obliku dva radijalno postavljena rukavca, čije se ose poklapaju. Rukavci polutki spojnica spojeni su kardanovim dvodelnim prstenom (3) i to jedan u odnosu na drugi pod uglom od 90°. Okretanje rukavaca izvodi se u bronzanim čaurama, čije se klizne površine povremeno podmazuju mašću. Spojnica se odlikuje jednostavnom konstrukcijom, pouzdana je u radu i može da prenese znatna opterećenja.
Kod spajanja paralelnih vratila čiji se položaj u toku rada menja primenjuje se teleskopsko menuvratilo. Izranuje se iz dva menusobno žlebnom vezom spojena dela, koji se podmazuju mašću preko odgovarajuće mazalice (*Sl. 17.39.11.*). Ovakva kardanova vratila predvinena su za prenos velikih obrtnih momenata. Kardanov krst je preko igličastih ležaja spojen sa polutkama spojnice i menuvratilom, pri čemu se ležaj odgovarajuće

zaptiva a preko mazalice povremeno puni mašću. Polutke spojnice spajaju se sa pogonskim i gonjenim vratilom prirubnicom sa podešenim čvrsto pritegnutim zavrtnjevima.



Slika 17.39.11. Teleskopsko kardanovo vratilo

Primena kardanovih vratila je jako rasprostranjena kod transportnih sredstava - teretnih i šinskih vozila. Menuvratilo može biti i znatne dužine sa mogućnošću prigušenja vibracija Prilagodljive elastične spojnice imaju mogućnost kompenzacije manjih radijalnih, aksijalnih i ugaonih odstupanja osa vratila. Osnovna njihova prednost ogleda se u mogućnosti prigušenja udara i vibracija, kao i smanjenje neravpomernosti u prenosu kretanja. Pri tome spoj dva vratila može biti potpuno elastičan (elastične spojnice bez prigušenja) ili elastičan sa prigušenjem (elastične spojnice sa prigušenjem).



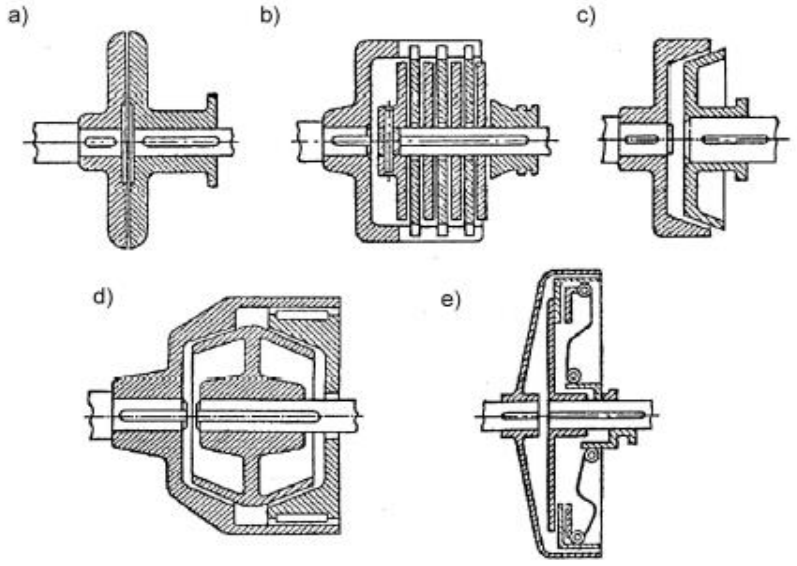
Slika 17.39.12.Torziona krutost elastičnih spojnica: a) linearna; b) progresivna; c) progrersivna sa prigušenjem

Elastične spojnice bez prigušenja smanjuju udare prevodeći kinetičku energiju sistema u deformacioni rad i akumulirajući je. Kao elastični prenosni element koriste se čelične opruge. Torziona krutost ovih spojnica može biti linearna (sl. Sl.17.39.12.a) i progresivna (Sl.17.39.12,b). Kinetička energija udara pogonskog vratila elastično deformiše opruge, koje kasnije istu energiju predaju gonjenom vratilu, ali sa smanjenim intenzitetom udara. Elastične spojnice sa prigušenjem imaju ugrañene prigušne elemente, koji smanjuju udare, tako što kinetičku energiju

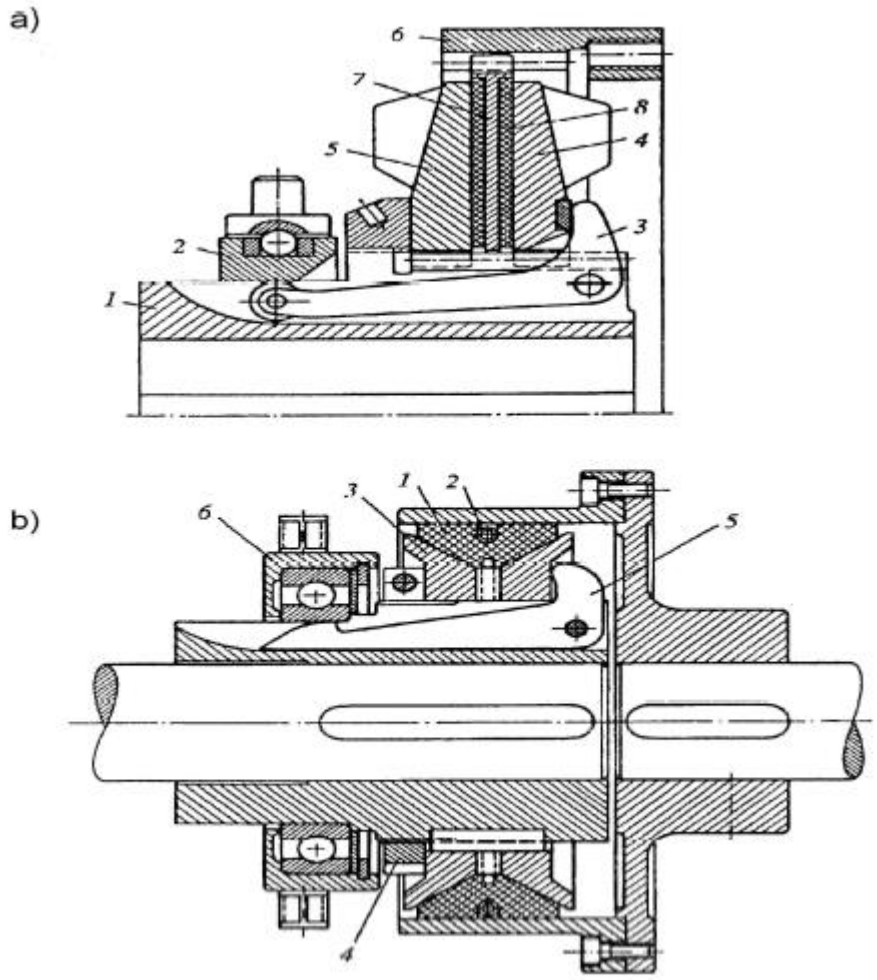
pretvaraju delom u deformacioni rad a delom u toplotu. Torziona krutost ovih spojnica je progresivna sa histerszisom (Sl.17.39.12.c). Kao elastični element najčešće se koristi guma, koža ili poliuretan. Elastične spojnice sa prigušenjem odlikuju se jednostavnom konstrukcijom, nižom cenom i većom elastičiošću u odnosu na elastične spojnice bez prigušenja. Nedostaci su im velike dimenzije i kraći radni vek. Kompenzacija odstupanja položaja osa vratila izvodi se na račun elastičnih deformacija elemenata spojnice, što ima za posledicu dodatno opterećsnje oslonaca vratila.

8. Frikcione uključno-isključne spojnice

Frikcione uključno-isključne spojnice dozvoljavaju da se uključivanje i isključivanje obavi pod opterećenjem pri proizvoljnoj razlici ugaonih brzina pogonskog i gonjenog vratila. Prenose obrtni moment preko otpora klizanju na dodirnim površinama oboda spojnice. Ove spojnice mogu da prenesu obrtni moment samo ukoliko izmenu radnih dodirnih površina deluje normalna sila odnosno postoji odgovarajući pritisak. U toku uključivanja obrtni moment se postepeno povećava saglasno pritisku dodirnih površina, pri čemu postoji znatna razlika ugaonih brzina pogonskog i gonjenog dela spojnice, odnosno postoji proklizavanje.Na slikama 17,39.13., 17.39.14. prikazane su različiti tipovi frikcionih spojnica



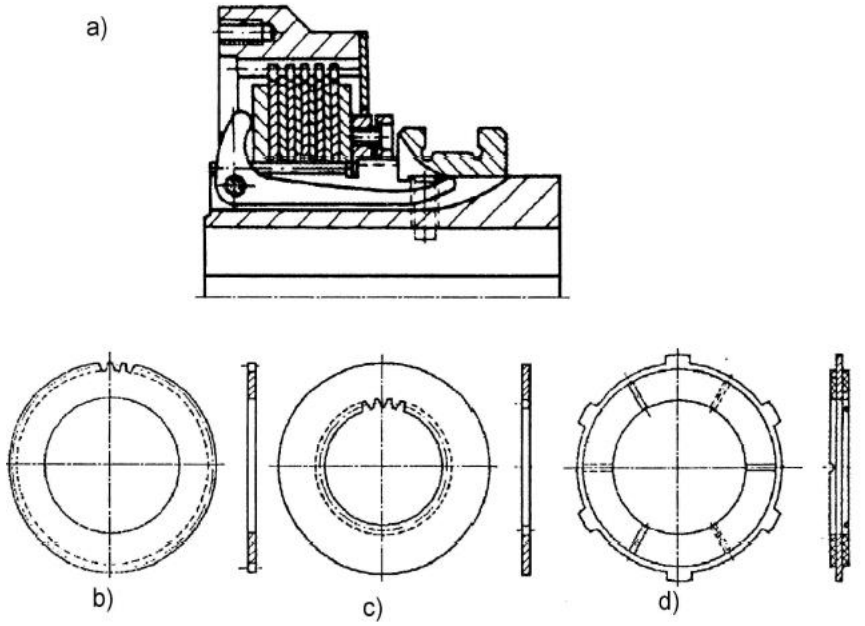
Slika 17.39.13. Šematski prikaz frikcionih spojnica:
(a,b) sa ravnim dodirnim površinama;(c,d) sa konusnim dodirnim površinama; (e) sa cilindričnim dodirnim površinama;



Sl.17.39.14.Frikcione spojnice sa mehaničkim uključivanjem i isključivanjem a) sa dva para dodirnih površina; b) sa frikcionim prstenom

Aksijalni položaj jednog konusnog diska podešava se preko navrtke (4), dok se drugi pod dejstvom ugaone poluge (5) može aksijalno da pomera. Aksijalnim pomeranjem obujmice (6) udesno unutrašnji prsten kugličnog ležaja deluje na ugaonu polugu, koja aksijalno pomera konusni prsten. Segmenti frikcionog prstena pomeraju se radijalno čime se ostvaruje odgovarajući pritisak izmeñu cilindrične povrpšne frikcionog prstena i oboda spojnice povezane sa drugim vratilom. Na taj način spojnica je uključena. Pomeranjem obujmice (6) ulevo poluge se oslobañaju i spojnica se isključuje razdvajanjem cilindričnih površina. Frikcioni prsten je tako izveden da u toku rada automatski održava koaksijalnost spojenih vratila.

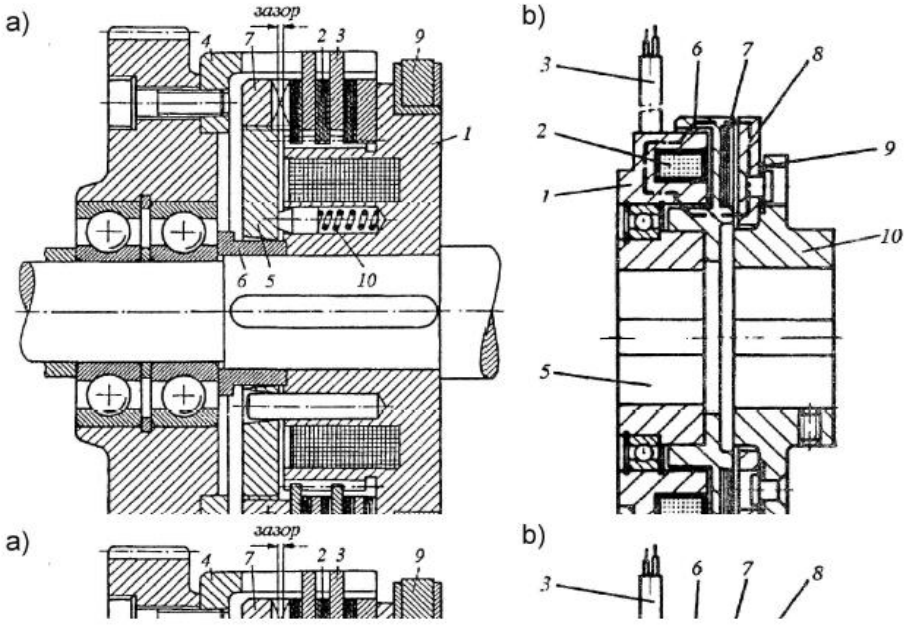
Postoje i konstrukciona rešenja gde se ovakav tip frikcione spojnice uključuje hidrauličkim ili pneumatskim putem. Primenjuje se najčešće bez podmazivanja dodnrnih površina. Spojnice sa lamelama imaju široko područje primene. Postavljenjem većeg broja lamela jedne iza druge, koje su naizmenično u vezi sa jednom i sa drugom polutkom spojnice, povećava se dodirna površia i nosivost spojnice saglasno broju lamela. Lamele su prstenastog oblika (sl. 17.39.15.b,c), a sa polutkama spojnice spajaju se žlebnom vezom. Prednost spojnica sa lamelama ogleda se u kompaktnoj konstrukciji i povoljnoj ceni. Negativna strana ovih spojnica ogleda se u brzom zagrevanju u toku rada. Pri praznom hodu kod ovih spojnica uvek postoje izvesni gubici energije zbog trenja izmenu lamela. Postoji veliki broj kopstrukcionih rešenja spojnice sa lamelama. Kod konstrukcione varijante prikazane na (sl. 17.39.15.a) lamele su postavljene izmenu dva diska prstenastog oblika od kojih je jedan aksijalno fiksiran, a drugi se pod dejstvom ugaone poluge može aksijalno da pomera. Na taj način ostvaruje se odgovarajući pritisak izmenu lamela i spojnica se uključuje. Obod polutke spojnice sa spoljašnjim lamelama vezuje se sa drugim vratilom ili obrtnim elementom preko zavrtnjeva



Sl.17.39.15.. Frikciona sponjica sa lamelama sa mehaničkim uključivanjem i isključivanjem (a) i oblici lamela bez (b,c) i sa (d)

9. Elektromagnetne frikcione spojnice

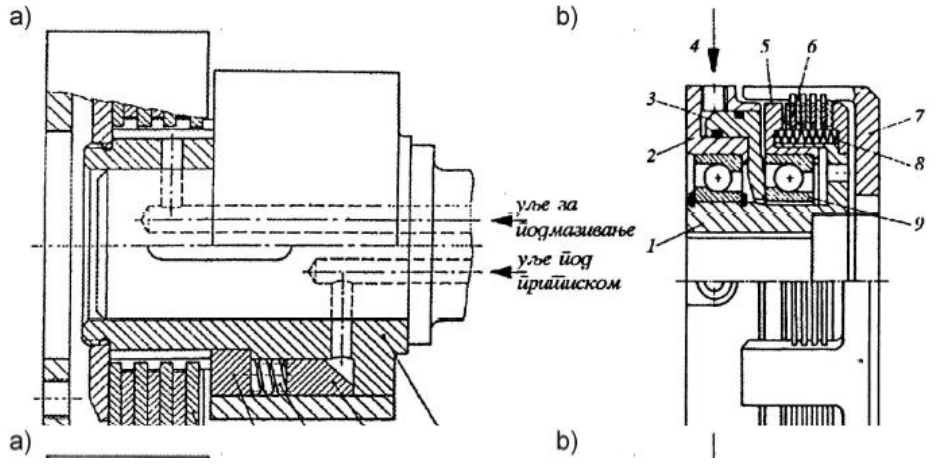
Kod ovih spojnica potrebna sila pritiska izmenu dodirnih površina ostvaruje se pomoću elektromagneta. Elektromagnetna frikciona spojnica može biti izvedena kao trajno uključena i kao trajno isključena. Kod trajno uključene spojnice potrebna sila pritiska na dodirnim površinama ostvaruje se preko opruga, a spojnica se isključuje preko elektromagneta. Trajno isključena frikciona spojnica uključuje se preko elektromagneta, koji obezbenuje potrebnu silu pritiska izmenu dodirnih površina, a opruge kod isključene spojnice razdvajaju dodirne površine. Trajno uključena spojnica primenjuje se kada je spojnica u radu skoro stalno uključena, a samo se povremeno isključuje, ili kada u slučaju nestanka struje isključivanje spojnice može dovesti do neželjenih posledica. Elektromagnetne frikcione spojnice mogu biti izvedene tako da elektromagnetno polje obuhvata radne dodirne površine ili da bude izvan njih. Prema načinu dovonenja struje do elektromagneta razlikuju se spojnice sa kliznim prstenovima (gde se elektromagnet u toku rada okreće zajedno sa spojnicom) i spojnice bez kliznih prstenova (gde elektromagnet miruje). Uključivalje i isključivanje frikcionih spojnica pomoću elektromagneta najčešće se primenjuje u praksi. Moguće je daljinsko uključivanje i isključivanje spojnica kompaktne konstrukcije, što je naročito značajno kod automatizacije.



Sl. 17.39.16. a) Elektromagnetna frikciona spojnica sa lamelama i kliznim prstenovima; a) elektromtnetna frikciona spojiica bez kliznih prstenova, sa jednim parom radnih dodirnih površina.

Negativna strana ovih spojnica je što elektromagnet trajno stvara toplotu, magietizuje okolnu sredinu i zahteva trajni dovod struje u toku rada.
Na (sl.17.39.16.a) prikazana je elektromagnetna frikciona spojnica sa lamelama i kliznim prstenovima. Polutka spojnice sa elektromagnetom (1) vezana je za pogonsko vratilo i na njoj se nalazi klizni prsten (9). Unutrašnje lamele (2) povezane su sa polutkom spojnice (1), a spoljašnje lamele (3) sa obodom (4), koji je zavrtnjevima povezan za zupčanik koji se pomoću spojnice dovodi u pogon. Aksijalno pokretna kotva (5) postavljena je na čauru (6) i nosi podužno razrezanu navrtku (7). Navrtka služi za podešavanje zazora kod lamela i fiksira se zavrtnjem (8). Pri uključivanju, elektromagnetna kotva (5) se aksijalno pomera i preko navrtke (7) ostvaruje odgovarajući pritisak izmeñu dodirnih površina lamela, čime je spojnica uključena. Isključivanjem električne struje, opruga (10) vraća kotvu (5) u prvobitni položaj, čime je spojnica isključena. Lamele se izrañuju od kombinacije materijala čelik sinterovana bronza za rad sa suvim i podmazanim dodirnim površinama, ili od kombinacije čelik/frikciona obloga za rad sa suvim dodirnim površinama.
Kod elektromagnetne spojnice bez kliznih prstenova (sl.17.39.16. b) deo spojnice sa elektromagnetom (1) je na glavčinu spojnice (5) osloljen preko kotrljajnih ležaja i preko držača (4) fiksiran, tako da se ne okreće.
Rotor (6) čvrsto je vezan sa glavčinom (5) i ima dve magnetne menusobno izolirane površine izmenu kojih se nalazi frikciona obloga (7). Veza izmenu kotve (8) i glavčine spojnice (10) ostvarena je preko čelične membrane (9), koja je po obimu naizmenično zakovicama vezana za kotvu i glavčinu. Pri uključivanju spojnice dovodi se u elektromagnet preko priključnog kabla (3) jednosmerna struja, tako da on privlači kotvu (8) i ostvaruje odgovarajući pritisak izmenu radnih dodirnih površina.
Isključivanjem struje membrana razdvaja kotvu (8) od frikcionih obloga (7), čime je spojnica isključena. Spojnica može da prenosi obrtni moment u oba smera. Hidrauličke i pneumatske frikcione spojnice Potrebna sila pritiska kod ovih spojnica ostvaruje se hidrauličkim ili preumatskim putem. Uključivanje frikcionih spojnica hidrauličkim putem izvodi se mahom kod spojnica sa lamelama. Ove spojnice odlikuju se malim dimenzijama, mogućnošću daljinskog upravljanja, regulacijom veličine obrtnog momenta koji prenose, visokom učestanošću obrtanja, mogućnošću čestog uključivanja i isključivanja i malim momentom praznog hoda. Na (sl.17.39.17.a) prikazana je hidraulička frikciona spojnica kod koje se ulje pod pritiskom dovodi preko podužnog otvora u pogonskom vratilu i glavčine (1) do prstenastog klipa (5). Klip sabija zavojnu pritisnu oprugu (7) i aksijalno pomera pritisnu ploču (6), čime se

ostvaruje potreban pritisak između unutrašnjih (3) i spoljašnjih (4) lamela spojnice. Na taj način spojnica je uključena. Polutka spojnice (2), koja nosi paket spoljašnjih lamela, povezana je sa gonjenim vratilom. Spojnica se isključuje smanjenjem pritiska ulja, pri čemu opruga (7) vraća
klip nazad, čime se ostvaruje aksijalni zazor između lamela. Ulje za hlađenje i podmazivanje lamela dovodi se posebnim vodovima.



Sl. 2.3.10.16. a) Hiddraulička frikciona spojnica sa centralnim dovodom ulja; b) hidraulička ili pneumatska frikciona spojnica sa radijalnim dovodom fluida

Na (sl. 17.39.17.b) prikazana je frikciona spojnica sa lamelama kod koje je moguće uključivanje i isključivanje hidrauličkim ili pneumatskim putem. Priključak za dovod fluida pod pritiskom postavljen je radijalno.
Cilindričio kućište (2), sa otvorima za dovod ulja (4), uležišteno je na glavčini (1) pogonskog vratila preko prstenog kugličnog ležaja sa kosim dodirom. Paket unutrašnjih lamela vezan je sa glavčinom pogonskog vratila (1), a paket spoljašnjih lamela sa obodom polutke spojnice (7) gonjenog vratila. Pod pritiskom ulja ili vazduha prstenasti klip (3) deluje na unutrašnji prsten ležaja sa kosim dodirom (9), koji ovo opterećenje preko kotrljajnih tela i spoljašnjih prstena prenosi na pritisnu
ploču (5). Na taj način ostvaruje se potreban pritisak izmenu dodirnih površina lamela i spojnica je uključena. Po prestanku pritiska ulja, opruga (8) vraća klip (3) u prvobitni položaj, čime se obezbenuje aksijalni zazor izmenu lamela i spojnica je isključena. Pneumatske frikcione spojnice izvode se sa ravnim, konusnim ili cilindričnim radnim površinama. Odlikuju se veoma brzim i tačnim uključivanjem i isključivanjem. Primenjuju se za slučaj ubrzanja ili usporenja velikih masa, kada se zahteva

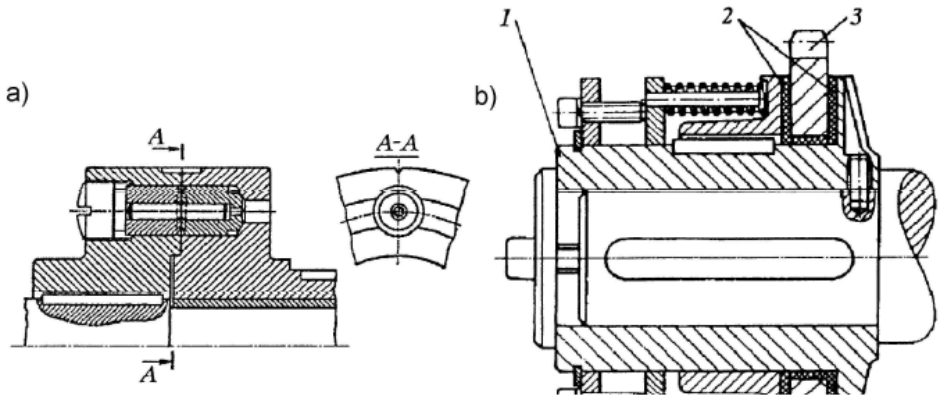
vrlo kratko vreme uključivanja i isključivanja, kao na primer kod presa, makaza, mašina za obradu drveta, granevinskih mašina, itd.

10. Sigurnosne spojnice

Sigurnosne spojnice automatski prekidaju vezu obrtnih delova u trenutku kada obrtni moment dostigne unapred zadatu vrednost. Ove snojnice prenose obrtni moment oblikom (kinematička veza) ili trenjem (dinamička veza). Kod prenosa obrtnog momenta oblikom dolazi do potpunog prekida veze, a kod prenosa obrtnog momenta trenjem dolazi do proklizavanja dodirnih površina odnosno ne dolazi do prekida veze obrtnih delova.
Proklizavanje meñutim dovodi do brzog zagrevanja i habanja dodirnih površina, tako da je neophodna odgovarajuća zaštita spojnice. Ove spojnice omogućuju regulaciju veličine obrtnog momenta koji prenose, čime se sistem štiti od preopterećenja. Na ovaj način moguće je postići manje dimenzije prenosnih sistema, što je naročito važio kod mobilnih sredstava. Najprostija sigurnosna spojnica prikazana je na (sl 17.39.18.a). Kao sigurnosni elementi koriste se osovinice (glatke ili sa zarezom) kojima su obodi polutki spojnica meñusobno povezani. Pri preopterećenju osovinice se lome tako da se kinematička veza izmeñu oboda spojnica trenutno prekida, i sistem štiti od preopterećenja. Osovinice se dimenzionišu prema maksimalnom obrtnom momentu, koji iznosi:

$$[T] = S_s \cdot C_A \cdot T = z \cdot A \cdot \tau_M \cdot \frac{D}{2}$$

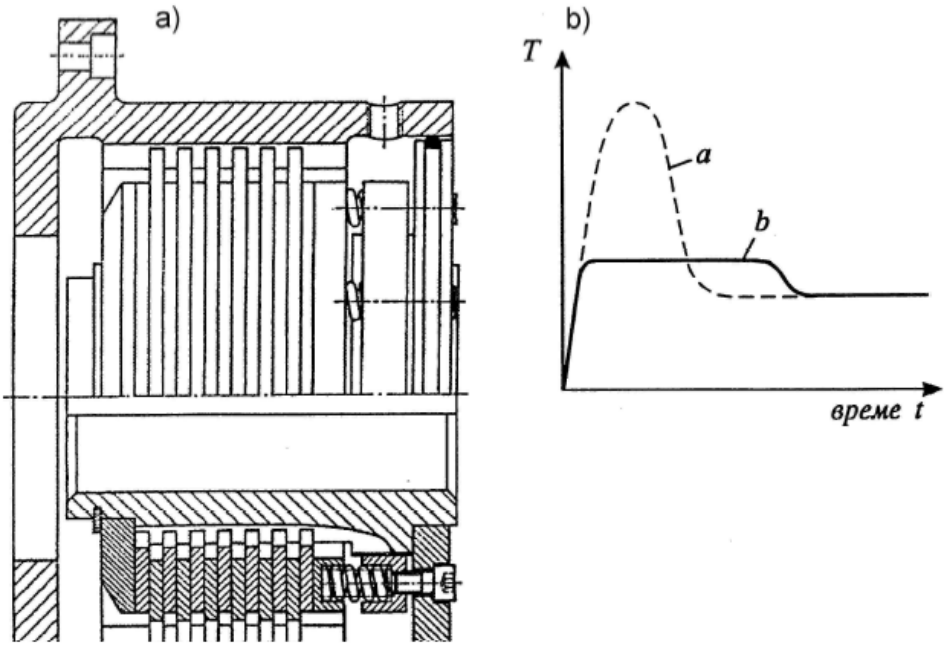
gde je: *A*- veli\ina opasnog preseka osovinice;
Z – broj sigurnosnih osovinica;
τ_M - smicajna \vrsto(a osovinice;
D – pre\nik na kome su po obimu rasporenene osovinice;
Ss - stepen sigurnosti protiv slu\ajnog aktiviranja spojnica (*Ss* = 1,2...1,25);
C_A - faktor radnih uslova (prolig P1-2);
T – nominalni obrtni moment koji spojnica prenosi.



Sl.17.39.18. a) Sigurnosna spojnica sa lomljivim osovinicama; b) Sigurnosna spojnica sa proklizavanjem

Nedostatak ovih spojnica je što se najveći obrtni moment ne može tačno da odredi zbog rasipanja vrednosti smicajne čvrstoće materijala. Vrednosti obrtnog momenta pri kome se lome osovinice varira u dosta širokim granicama. Zbog toga može doći do loma osovinica pri puštanju spojnice u rad ili pri njenom zaustavljanju. Na sl. (17.39.19..b) prikazana je sigurnosna spojnica sa proklizavanjem. Na glavčini (1) polutke spojnice postavljen je lančanik (3), čije se čeone površine dodiruju sa frikcionim oblogama (2). Po obimu lančanik se oslanja na glavčinu preko klizne čaure (4). Pritisak izmenu dodirnih površina (frikcionih obloga i lančanika) ostvaruje se preko većeg broja pritisnih zavojnih opruga (5). Osovinice - nosači opruga, konzolno su postavljene po obimu prstenastog diska (6), koji može aksijalno da se pomera pomoću zavrtnjeva.

Zavrtnjevi ujedno služe za regulaciju pritiska izmenu dodirnih radnih površina. U slučaju preopterećenja dolazi do proklizavanja izmenu do dirnih površina frikcionih obloga i lančanika. Kod prenosa većeg obrtnog momenta, kao sigurnosna spojnica sa proklizavanjem može da se primeni spojnica sa lamelama (sl. 17.39.19.a). Podešavanje veličine maksimalnog obrtnog momenta koji spojnica prenosi izvodi se preko zavrtnjeva i pritisnih zavojnih opruga. Spojnica može da radi sa suvim i podmazanim radnim površinama.



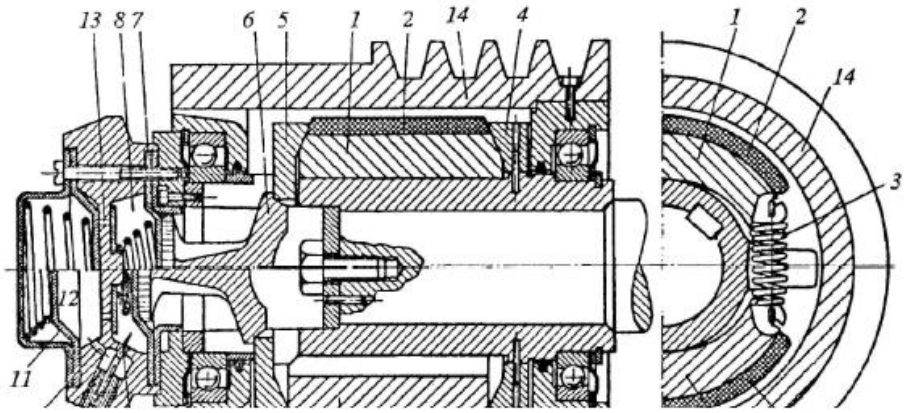
Sl. 17.39.19. a) Sigurnosna spojnica sa lamelama; b) Tok promene obrtnog momenta pri puštanju sistema u rad sa (b) i bez (a) spojnice sa proklizavanjem

Na sl. (17.39.19.b) prikazan je tok promene obrtnog momenta pri puštanju sistema u rad bez (a) i sa (b) sigurnosnom spojnicom sa proklizavanjem. Veličina obrtnog momenta koji deluje pa sistem bitno se smanjuje primenom sigurnosnih spojnica sa proklizavanjem, što pruža mogućnost smanjenja dimenzija delova sistema u toku procesa konstruisanja.

11. Centrifugalne snojnice

Visoko brzinski elektromotori upuštaju se u rad jako teško. Visoki polazni momenti zahtevaju elektromotore vrlo velikih dimenzija. Postoje takone sistemi sa velikim zamajnim masama, gde se pri puštanju u rad zahteva mnogo veća snaga nego u toku samog rada. Zbog toga se kod takvih sistema ugranuju spojnice za upuštanje, tako da motor startuje bez opterećenja a zatim se zamajne mase gonjenog vratila sa ograničenom vrednošću obrtnog momenta ubrzavaju. Za upuštanje se najčešće koriste centrifugalne spojnice. One se po dostizanju odgovarajuće ugaone brzine automatski uključuju, a zatim se sa porastom ugaone brzine povećava i obrtni moment koji prenose. Ekonomične su za učestanosti obrtanja od 700 min^{-1} jer tek tada centrifugalne sile imaju odgovarajuću veličinu. Najčešće prenose obrtni moment putem trenja, pri čemu se potreban pritisak izmeñu

radnih dodirnih površina ostvaruje centrifugalnom silom, slika 17.39.20. Primenjuju se kod centrifuga, mlinova, teških teretnih vozila, itd.



Sl.17.39.20. Centrifugalna spojnica sa cilindričnim segmeitima

12. Jednosmjerne spojnice

Jednosmerne spojnice prenose obrtni moment samo u jednom smeru, a pri okretanju u suprotnom smeru veza spojenih delova se sama prekida. Drugim rečima, pogonski i gonjeni deo spojnice mogu slobodno da se okreću u jednom smeru (slobodni smer), dok su u drugom smeru uključeni (blokirani smer).

U praksi se primenjuju kao:

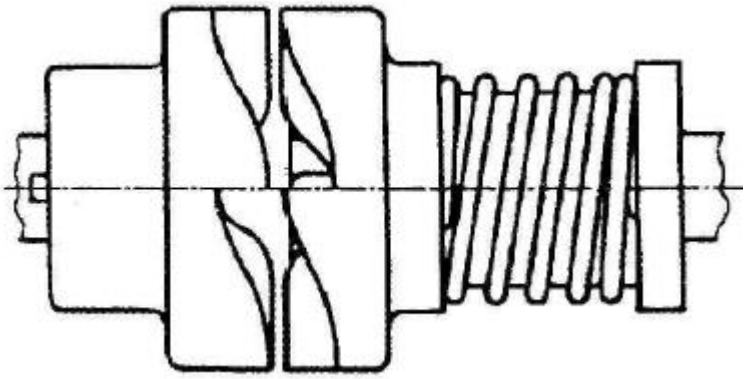
Prestižne spojnice koje vezu automatski prekidaju kada gonjeni deo počne brže da se okreće od pogonskog. Kao primer može da se navede pogon sa dva motora, pri čemu se glavni motor brže okreće od pomoćnog, tako da se preko spojnice vrši njihovo razdvajanje. Isti je slučaj i kod promene stepena prenosa kod automatskog menjača ***Blokirajuće spojnice,*** koje dozvoljavaju okretanje samo u jednom smeru.

Primenjuju se kod isključivanja ili otkaza motora i pri tome sprečavaju da pod dejstvom opterećenja done do okretanja u suprotnom smeru (na primer kod kranova, uspinjača, transportnih urenaja, itd.).

Spojnice kod prekidnih kretanja, koje pretvaraju oscilatorno kretanje u prekidno okretanje u jednom smeru. Primena kod mašina za pakovanje, tekstilnih mašina, poljoprivrednih mašina, alatnih mašina, u procesnoj industriji, itd. Jednosmerne spojnice koriste se vrlo često za spajanje obrtnih delova sa vratilom, kao što su zupčanici, lančanici, itd. Veza izmenu polutki jednosmernih spojnica može biti ostvarena oblikom (kinematička veza) ili putem trenja (dinamička veza).

Jednosmerna kandžasta spojnica

Jednosmerna kandžasta spojnica prenosi obrtni moment oblikom kandži. Jedna polutka spojnice je aksijalno nepokretna, a druga je prema njoj stalno pritisnuta oprugom sl.17.39.21. Kandže su izvedene u obliku klinova, tako da se u jednom smeru pod dejstvom opruge automatski uključuju. Pri promeni smera okretanja dolazi do menusobnog klizanja nagnutih bokova kandži, pri čemu se opruga sabija, a kandže izlaze iz zahvata. Na taj način veza spojenih vratila se prekida.

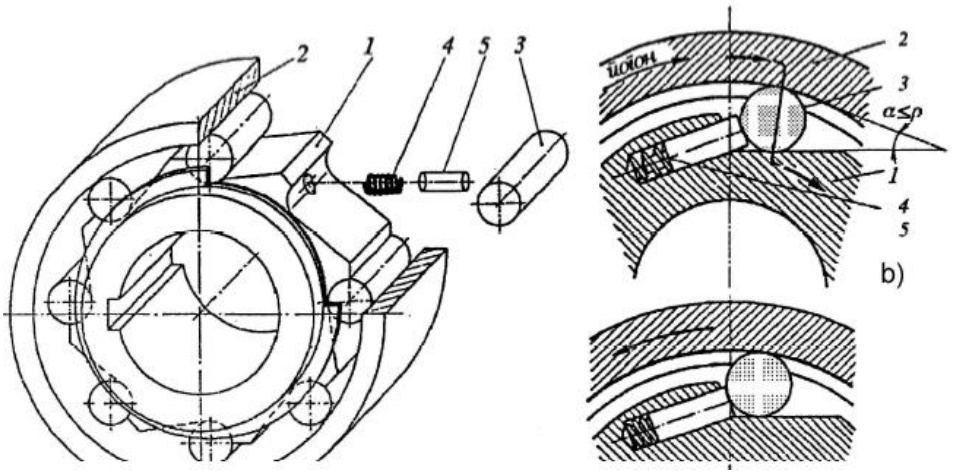


Sl. 17.39.21. Jednosmerna kandžasta spojnica

Jednosmerna frikciona spojnica

Jednosmerna frikciona spojnica prikazana je na (sl.17.39.22.a), a princip rada na sl. (17.39.22.b,c). Spojnica se sastoji od spoljašnjeg prstena (2) i klinasto po obimu usečenog unutrašnjeg prstena (1). Izmenu ova dva prstena postavljeni su valjčići (3), koji su preko pritisne osovinice (5) i opruge (4) pritisnuti na spoljašnji prsten. Pri okretanju spoljašnjeg prstena u smeru prikazanom na sl.(17.39.22.b), dolazi do uklinjavanja valjčića u prostor izmeñu spoljašnjeg i unutrašnjeg prstena, i na taj način svaki od njih prenosi odgovarajuću obimnu silu. Uslov da doñe do prenosa obimne sile je da ugao trenja ρ bude veći od ugla klina a u zoni kontakta valjčića sa prstenovima.

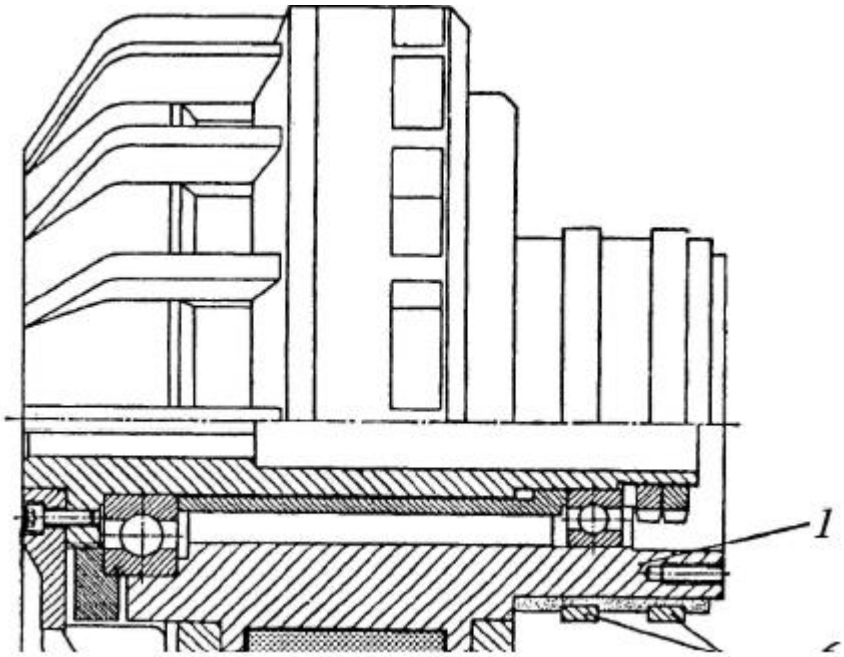
Pri okretanju spoljašnjeg prstena u suprotnom smeru (sl.17.39.22.c), valjčići se usled sile trenja povlače nazad u prošireni meñuprostor potiskujući osovinicu, tako da nastaje prazan hod spojnice. Proračun frikcione jednosmerne spojnice sastoji se u proveri Hercovog površinskog pritiska izmeñu valjčića, odnosno prenosnih elemenata i prstena.



Sl.17.39.22. a) Jednosmerna frikciona spojnica; b,c) princip rada; b) uključivanje spojnice; c) prazni hod.

13. Indukcione spojnice

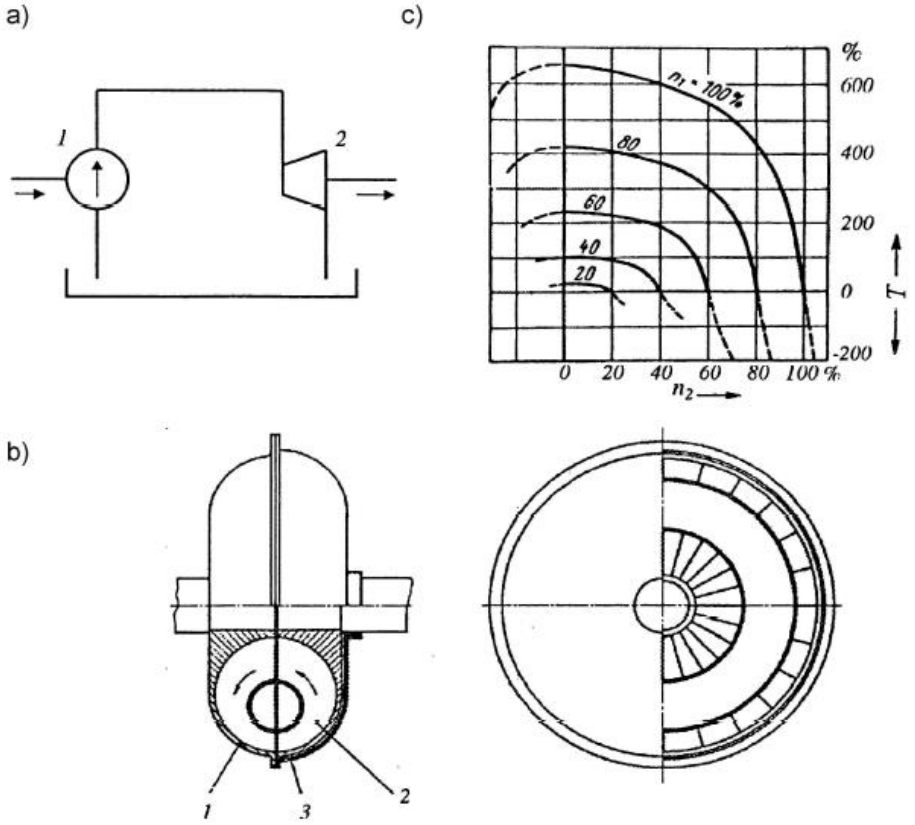
Indukcione spojnice prenose obrtni moment preko magnetnog obrtnog polja. Indukciona spojnica prikazana na sl.(17.39.23)sastoji se od polutke spojnice (1), koja nosi pobudni kalem (2) sa sistemom polova (3). Druga polutka spojnice (4) zvonastog oblika nosi indukcioni prsten (5) i najčešće je vezana sa pogonskim vratilom. Jednosmerna struja se preko kliznih prstenova (6) dovodi do pobudnog kalema (2). Pri uključivanju spojnice magaetno polje indukcionog kalema pri nejednakom broju obrtanja pogonskog i gonjenog vratila indukuje u indukcionom prstenu odgovarajući napon. Sekundarno magnetno polje, koje pri tome nastaje, u vezi je sa primarnim poljem, što dovodi do prenosa obrtnog momenta. Indukcione spojnice prenose obrtni moment bez dodira polutki spojnica. To omogućuje elastičnost u prenosu obrtnog momenta uz prigušenje vibracioiih i udarnih opterećenja. Sama spojnica meñutim ima znatnu masu, tako da su pri čestom uključivanju i isključivanju gubici energije zbog ubrzanja zamajnih masa znatni.



Sl. 17.39.23. Indukciona spojnica

14. Hidrodinamičke spojnice

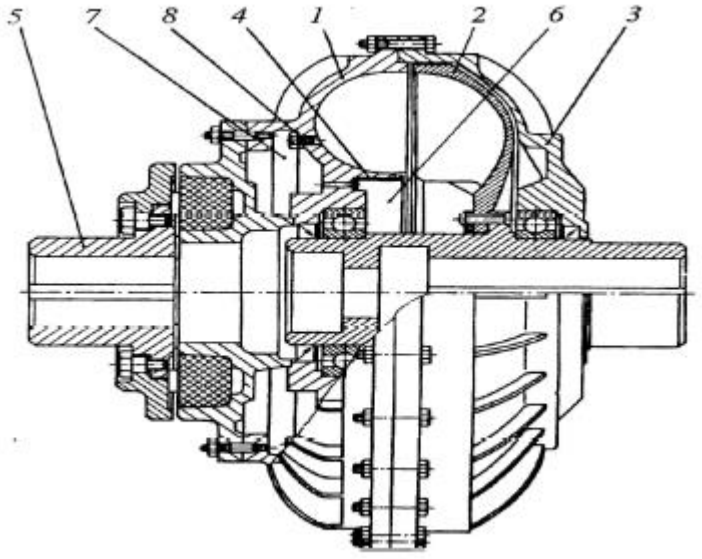
Rad ovih spojnica zasniva se na korišćenju kinetičke energije strujne tečnosti malog pritiska. Princip rada spojnice šematski je prikazan na sl.(17.39.24.a). Pumpa (1) je sa turbinom (2) povezana cevnim vodovima i jednim zajedničkim uljnim rezervoarom. Pumpa pretvara mehaničku energiju pogonskog vratila u kinetičku energiju tečnosti (energiju strujanja), koja se zatim u turbini ponovo pretvara u mehaničku energiju gonjenog vratila. Konstrukcija hidrodinamičke spojnice šematski je prikazaia na sl.(17.39.24.b). Spojnica se sastoji od pumpnog kola (1), turbinskog kola (2) i omotača (3), koji je zavrtnjevima vezan za pumpno kolo tako da čini celinu - kućište. Pumpno kolo je vezano sa pogonskim vratilom, a turbinsko sa gonjenim vratilom. I pumpno i turbinsko kolo imaju po obimu polutorusne šupljine sa radijalno postavljenim lopaticama



Sl. 17.39.24. a) Princip rada hidrodinamičke spojnice; b) šema konstrukciono izvoñenja; c) tok promene obrtnog momenta

Pri obrtanju pumpnog kola, usled centrifugalne sile ulje počinje da struji prema spolja, stvarajući struju i u turbinskom kolu. Ukoliko turbinsko kolo ima manji broj obrtaja od pumpnog kola, dolazi do smanjenja brzine strujanja ulja, tako da se ulje ponovo vraća u pumpno kolo. Pri tome umanjena kinetička energija strujanja pretvara se u mehaničku energiju gonjenog vratila. U slučaju da i pumpno i turbinsko kolo imaju istu učestanost obrtanja, ulje će biti pritisnuto prema spolja, bez strujanja izmeñu njih, odnosno pri tome izmeñu pogonskog i gonjenog vratila nema prenošenja obrtnog momenta.Sa porastom razlike ugaonih brzina pogonskog i gonjenog vratila (klizanja) povećava se i obrtni moment koji spojnica prenosi (sl. 17.39.24.c).Istovremeno opada i stepen iskorišćenja spojnice. Ako se zanemare gubici zbog trenja u osloncima, stepen iskorišćenja može da se odredi kao odnos ugaonih brzina (brojeva obrtaja) gonjenog i pogonskog vratila, odnosno $\eta = \omega / \omega = n / n$. Za slučaj mirovanja gonjenog vratila ($\eta = 0$). n_2 = stepen iskorišćenja je nula (h =

0). Hidrodinamičke spojnice po pravilu se tako podešavaju da u radu postoji klizanje od (1 2) 1 ω –ω /ω = 0,02...0,03 - (2%...3%), tako da stepen iskorišćenja iznosi η = 0,97...0,98. Zbog klizanja utrošena kinetička energija pretvara se u toplotu. Da ne bi došlo do pregrevanja ulja pri dužem preopterećenju, spojnica ima sigurnosni lako topljivi čep, koji omogućuje isticanje ulja i prekid veze
spojenih delova.Hidrodinamičke spojnice imaju mogućnost prigušenja udarnih i vibracionih opterećenja. Rezonantna područja rada kod njih su isključena. Promenom punjenja spojnice uljem menja se i obrtni moment koji spojnica može da prenese. Punjenje spojnice iznosi 60...80% raspoloživog prostora spojnice. Veličina punjenja zavisi od radnog područja brojeva obrtaja.Hidrodinamičke spojnice (sl.17.39.25.) sa konstantnim punjenjem mogu da se primene i kao spojiice za upuštanje u rad i kao sigurnosne spojnice.



Sl.17.39.25. Hidrodinamička spojnica sa konstantnim punjenjem ulja. Oznake: 1- pumpno polo; 2 - urbansko kolo; 3 - omotač; 4 - lopatica; 5 – elastična spojnica; 6 – predkomora; 7 – dopunska komora; 8 – mlaznica.

15. Isključno-uključne spojnice

Spojnice su elementi za prenos gibnja i snage i mogu biti uključno isključne. Uključne spojnice se dele na:

- Krute i
- Kompenzacione.

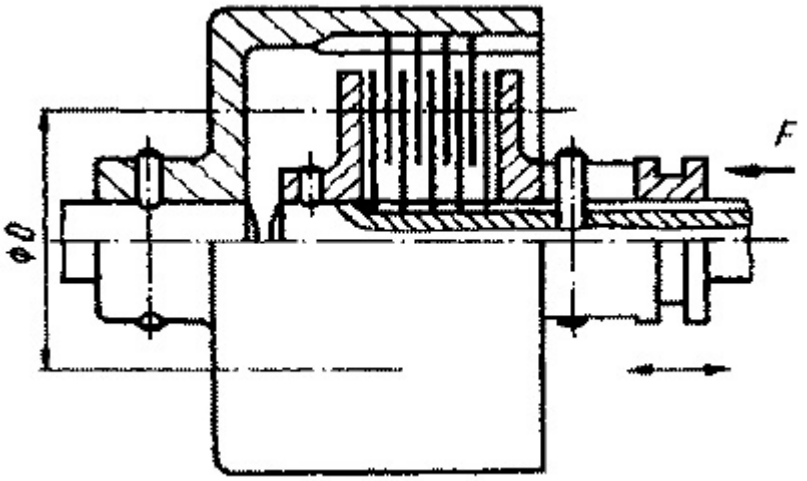
Kompenzacione se izdvajaju u dve grupe na Elastične i Pokretljive neelastične.

Isključne spojnice mogu biti:

- Sa kontrolisanim uključivanjem i isključivanjem,
- Jednosmerne,
- Centrifugalne i

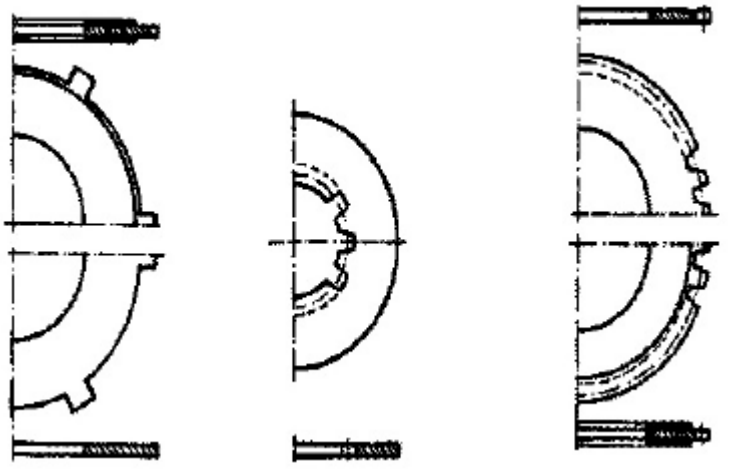
Sigurnosne.

Na sledećoj Sl.17.39.26. je prikazana višelamelna spojnica sa načinom montaže.

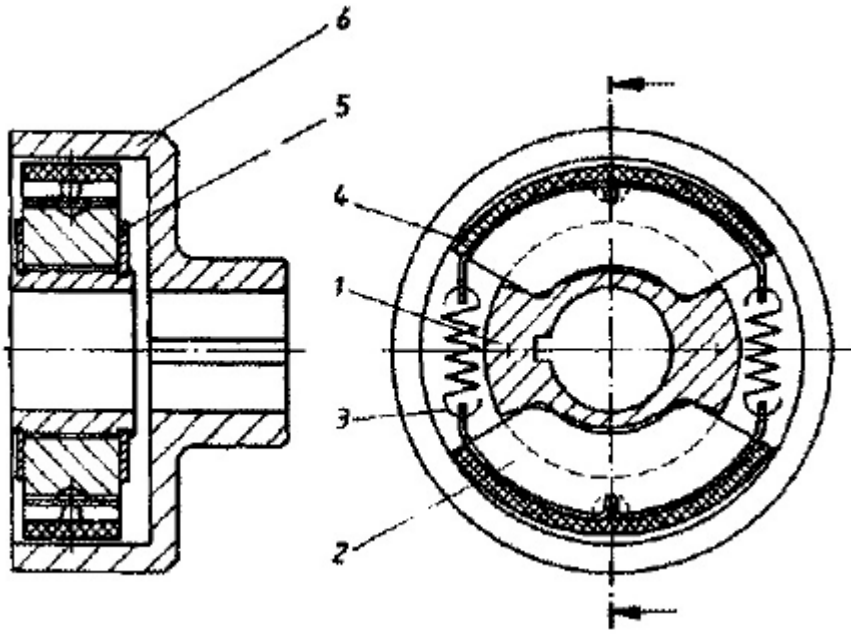


Sl. 17.39.26.Višelamelna spojnica

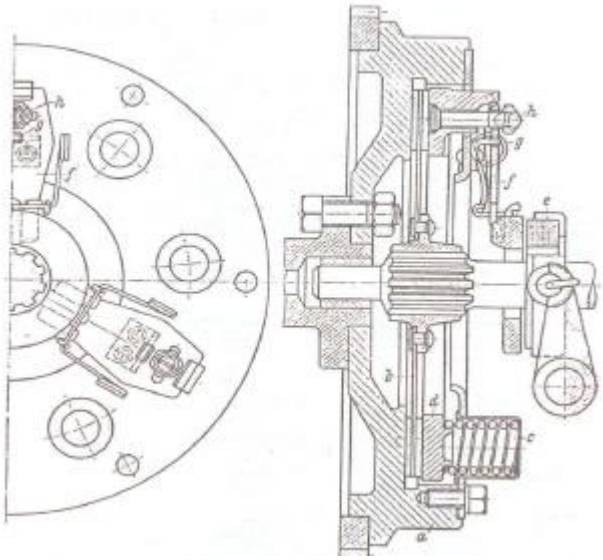
Na sledećoj Sl.17.39.27. je prikazani su oblici lamela.



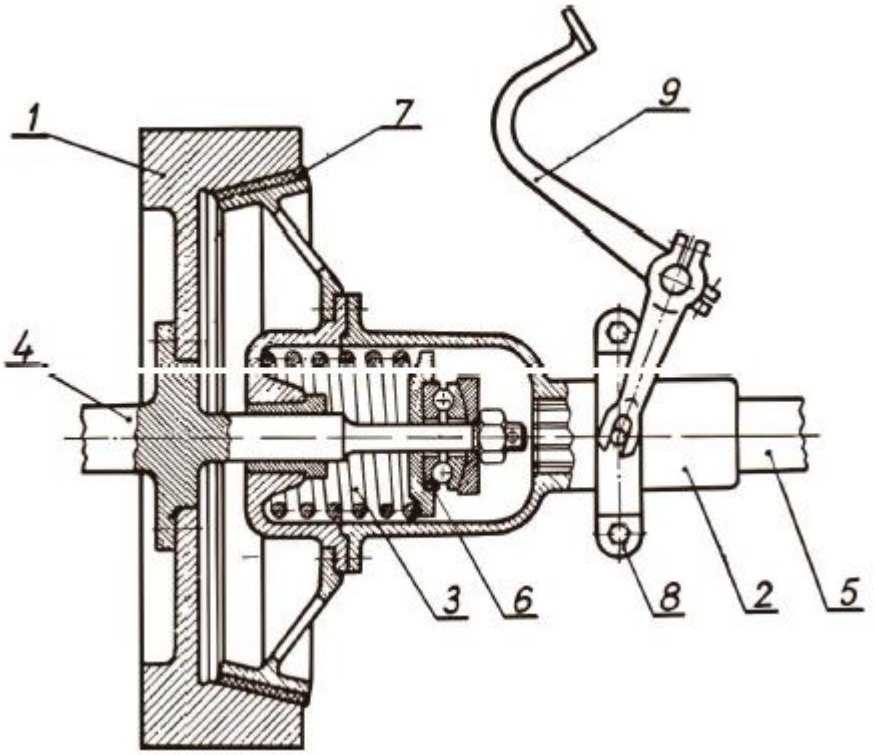
Sl.17.39.27.Oblici lamela



Sl. 17.39.28. Centrifugalna spojnica sa papučama



Sl. 17.39.29. Spojnica motornog vozila (kvačilo)



Sl. 17.39.30. Spojnica motornog vozila (kvačilo)
1). Zamajac;2).Pomični naglavak;3). Opruga;4). Radilica;5). Vratilo;
6). Aksijalno ležište;7). Obloga;8). Prsten; 9). Pedala;

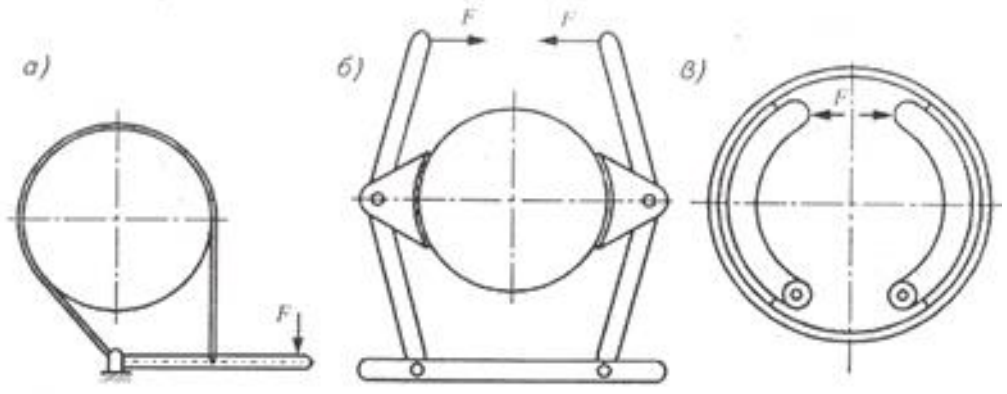
17.40. KOČNICE

1. Kočnice – zadatak i podela

Zadatak kočnice je usporenje i zaustavljanje pokretnih masa. One se učvršćuju na pokretnim delovima mašina i opterećuju sistem suprotnim-zaustavnim momentom. Princip rada kočnice zasniva se na mehaničkom trenju čvrstih tela, strujanju tečnosti i na elektromagnetnim silama. Prema funkciji se razlikuju sledeće vrste kočnica:

1. Regulacione kočnice koje služe za umanjenje obimne i translatorne brzine
2. Zaustavne kočnice koje služe za zaustavljanje obrtnih i translatornih masa
3. Energetske kočnice kod kojih se u dužem vremenskom periodu energija kretanja pretvara u druge vidove energije.

Često se više ovih funkcija ostvaruje istovremeno i to na principu trenja. Kod njih se putem trenja klizanje kinetičke energija pretvara u toplotnu između pokretnog i nepokretnog uređaja. Jednostavne su konstrukcije i dugog radnog veka. Mogu biti i kao sigurnosni elementi, kao: ručne , elektromagnetne, hidrauličke i pneumatske. Njihov nedostatak je habanje radnih dodirnih površina kočionog para i promena kočionog momenta zbog promene koeficijenta trenja pri uglačavanju kočionih površina. Konstrukciono ove kočnice mogu biti izvedene preko: papuča, traka, ploča, lamela i konusa, (sl.17.40.1.). Prema pravcu delovanja sile kočenja mogu biti radijalne i aksijalne.



Slika 17.40.1.Kočnice sa izvedbom kočenja: a)traka, b)lamela, c) papuča.

Sila kočenja se najčešće ostvaruje sistemom mehaničkih poluga, elektromagnetnim ili hidrauličkopneumatskim putem. Mehaničke kočnice sa aksijalnom silom kočenja mogu biti sa konusnim dodirnim površinama. Za motorna vozila primenjuju se kočnice sa dobošem i unutrašnjim papučama gde se mehaničkim, hidrauličkim ili pneumatskim putem ostvaruje pritisak između papuča i doboša. Disk kočnice su jednostavnije i savrmenije konstrukcije kod kojih se kočenje ostvaruje dejstvom aksijalne sile na disk sa obe strane preko frikcionih pločica.
Mehaničke kočnice sa radijalnom silom mogu biti sa trenjem il sa papučama koje se postavljaju spolja ili iznutra. Sve uključno-isključno spojnice se mogu primeniti i kao kočnice. Zbog mogućnosti daljinskog upravljanja najčešće su u primeni elektromagnetne kočnice sa lamelama.

18.0. OSNOVNE TEHNIKE PROIZVODNIH MERENJA U MAŠINSTVU

1. Opšte o proizvodnim merenjima

Proizvodna mjerenja predstavljaju skup aktivnosti koje povezuju dijelove procesa putem mjerenja, ispitivanja i kontrole. Ako se pod razvojem proizvoda podrazumevaju sve faze u razvoju od ideje do proizvoda u rukama kupca, može se reći da se mjerenje vrši u svim fazama razvoja proizvoda.

Šta je merenje?

Merenje je proces upoređivanja merene veličine i jedinice mere, radi dobijanja brojčane vrednosti merene veličine:

Q=q x M,
Q-merena veličina
q-brojčana vrednost merene veličine
M-jedinica mere.

Meriti se mogu samo osnovne veličine po SI sistemu:

- Dužina
- Masa
- Vreme
- Temperatura
- Električna struja
- Intezitet svetlosti
- Količina tvari

Za merenje navedenih veličina su potrebni merni instrumenti pomoću kojih se određuje vrednost ovih veličina.

Mjerenjima se postiže optimizacija:

- proizvodnje,
- ispitivanja,
- konstrukcije.

Osnovna uloga proizvodnih mjerenja je postizanje kvaliteta proizvoda, a najvažniji korak u tom cilju se postiže provođenjem mjerenja.

Proizvod koji se meri, ispituje, testira, kontroliše ili poredi, može biti:

- radni komad,
- alat,
- mašina ili
- merno sredstvo koje treba proveriti.

Radni komad se meri i kontroliše kako bi njegove željene geometrijske karakteristike, funkcionalna namena i materijal koji se koristi bili najekonomičnije i najsvrsishodnije primenjeni i uobličeni u proizvod za tržište.

Alat utiče na kvalitet proizvoda svojim karakteristikama. Alati se moraju kontrolisati u toku eksploatacije i meriti prilikom izrade. Direktno utiču na proizvod i izvor su nesigurnosti.

Mašina ili proizvodni sistem se periodično kontroliše, i mere parametri procesa kako bi se zadržala stabilnost procesa i karakteristike proizvoda koje se žele dobiti. Od stanja mašine i uređaja koja se koriste u proizvodnji radnog komada direktno zavisi kvalitet proizvoda.

Merno sredstvo je sigurno tek onda kad je provereno prema pravilima sa kojima će se usaglasiti i kupci i proizvođači. Današnja proizvodnja i trgovina zahtijeva poverenje između kupaca i proizvođača ostvareno na stalnoj kontroli merila koja se ostvaruje putem niza poređenja kako na nacionalnom tako i međunarodnom nivou. Time se postiže poverenje, a smanjuje vreme potrebno za kontrolu, štede materijalna sredstva i proizvod prije dolazi na tržište. Proizvodna merenja i kontrola proizvoda su dio procesa zasnovanih na istim principima proizvodnih merenja.

Merenje ima svoju tehnologiju i može posmatrati kroz nekoliko neizostavnih koraka bez obzira na prethodno navedeni cijeli postupak.

Faze svakog merenja su:

1. *postavljanje zadataka i ciljeva merenja,*
2. *formiranje plana merena (plan eksperimenta),*
3. *izvršenje merenja,*
4. *obrada rezultata merenja.*

Merenjem se ukazuje na stanje tehnološkog procesa, proizvodnog i drugih sistema u cjelini. Postoje četiri osnovne faze u merenju. Sve aktivnosti merenja mogu se smjestiti u te četiri faze. Svako merenje je posao koji treba ozbiljno planirati, izvršiti planirane aktivnosti, a zatim stručno obraditi rezultate merenja zavisno od toga kakva su merenja vršena, koliko je merenja vršeno, sa kojim ciljem su vršena, koji parametri su mereni i sl.

Prvu fazu merenja opisuje skup parametara kao što su: merena veličina (šta se meri, prečnik, visina, dubina), greška merenja, interval poverenja u kome će se nalaziti vrednost izmerene veličine, vjerovatnoća da se vrijednost izmerene veličine nađe u intervalu poverenja, vreme kada će započeti merenje, vreme kada će se završiti merenje, vremenski interval u kome je vršeno merenje itd.

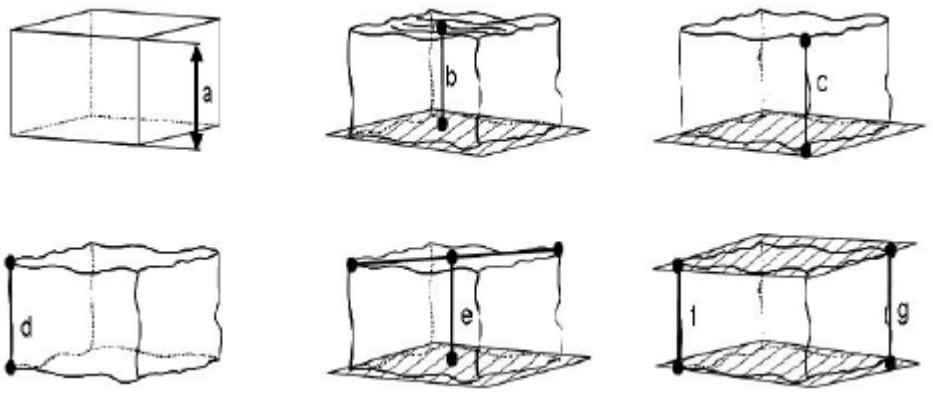
U drugoj fazi merenja pravi se plan merenja koji obuhvata tip i strukturu, interval mogućih vrednosti merene veličine, karakter njene promjene u

vremenu, broj merenja i sl.
Realizacija plana zacrtanih merenja obuhvata uslove i kriterije za postavljena merenja, mjernu opremu, tip mernog signala.
Četvrta faza merenja je obrada i analiza podataka dobivenih merenjem. Prave se zaključci da li je merenje provedeno na odgovarajući način i da li su rezultati merenja, greške merenja i verovatnoće uključeni u intervale pouzdanosti.

2. Postulati merenja

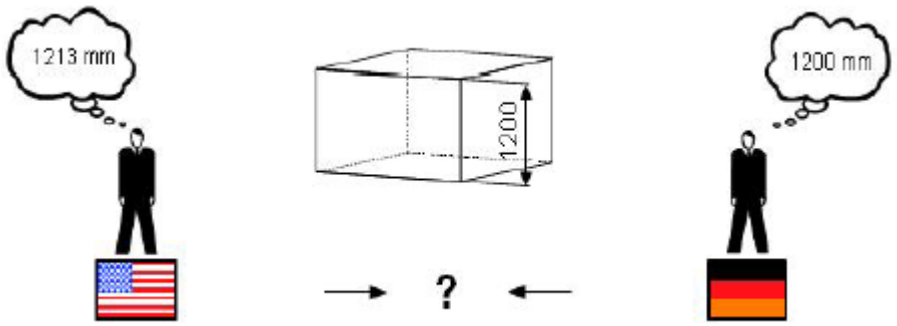
Prije svakog merenja treba imati na umu univerzalne pristupe merenju koji su definirani u vidu tri postulata.

Prvi postulat merenja glasi:
Merena veličina mora biti jedinstveno definisane.
Nije moguće izvršiti merenja ukoliko se ne definiše baza idealne geometrije koja je osnova za merenje u odnosu na koju će se vršiti merenje i analizirati rezultati. Na slici 18.0.1., dat je primjer kako se prvi postulat primjenjuje u proizvodnim mjerenjima. Tačno se odredi šta je referentna površina u odnosu na koju se vrši mjerenje dužine.



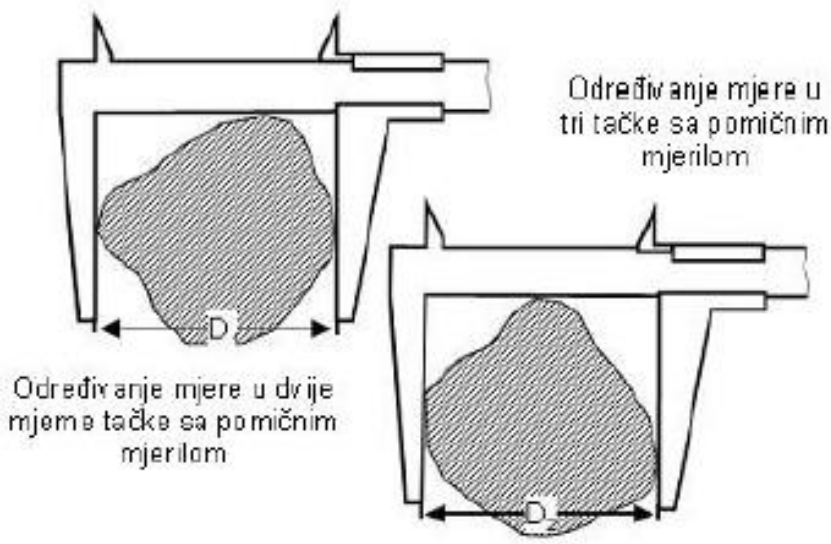
Slika 18.0.1. Prvi postulat merenja (Različite definicije merene veličine - razmaka između dvije paralelne ploče) a: Definicija na bazi idealne geometrije radnog komada, b do g: Moguće definicije na realnom komadu

Drugi postulat merenja glasi:
Referenca ili merna jedinica moraju biti fiksne ili definisane konvencijom.
Za svako merenje treba da se zna u kojim jedinicama se izražava merni rezultat odnosno koja se mjerna jedinica koristi. Merna jedinica mora biti tačno uzeta bez obzira o kom se mernom sistemu radi, npr. metričkom ili anglosaksonskom.



Slika 18.0.2. . Drugi postulat mjerenja

Treći postulat merenja glasi:
Merna tehnika mora biti jedinstveno usvojena sa svim uslovima i uticajima.



Slika 18.0.3. Treći postulat merenja

Korištenje merne tehnike zavisno od merenja koje se vrši je slobodan izbor i mogućnost korisnika ili zahtjev kupca. Uslovi koji se pri tom moraju poštovati su mogućnosti i dosljedna primjena svih karakteristika izabrane merna opreme.

3. Princip rada mernih uređaja - princip merenja

Princip merenja u dimenzionalnoj metrologiji se zasniva na poznatom fizičkom efektu (termoelektrični, fotoelektrični, piezoelektrični, pneumatski, hidraulički i sl.). Merna sredstva kojima se vrše merenja u proizvodnji se izrađuju da rade na određenom fizičkom principu koji

postaje princip merenja. Takva merna sredstva su laser, elektrootporna merna traka itd). Prema principu kao i sva druga merenja fizičkih veličina i za merenja u proizvodnji mogu se koristiti merni sistemi, uređaji i sredstva čiji se rad zasniva na slijedećim principima:

- mehaničkom,
- optičkom,
- optoelektričnom,
- električnom,
- piezoelektričnom,
- fotoelektričnom,
- pneumatskom.

Koordinatne merne mašine su merno informacioni sistemi i predstavljaju najsavremeniji oblik merenja. Prednosti koordinatnih mernih mašina su višestruke i o njima će biti riječi u posebnom poglavlju.

Svaka od ovih metoda može imati dva načina registracije izmene veličine i to :

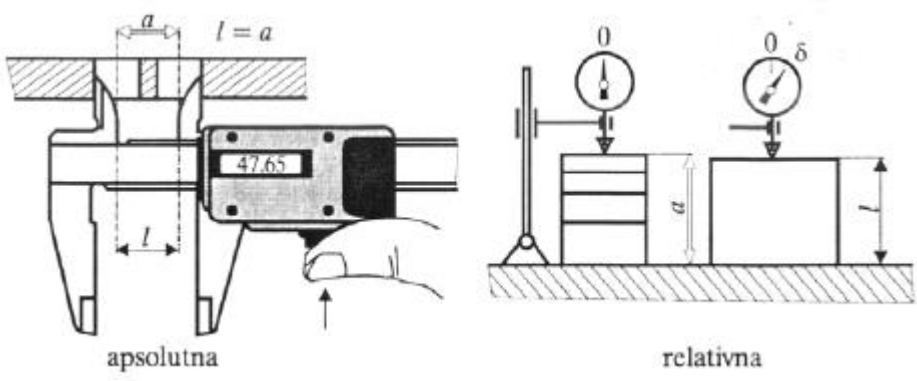
- analogni,
- digitalni.

Kod analognih metoda koristi se princip skretanja, a kod digitalnih princip odbrojavanja

Metode mjerenja mogu biti:

- apsolutne i
- relativne

Apsolutne metode omogućavaju direktno očitavanje rezultata merenja na indikatoru ili registracionom članu, npr. merenja pomičnim merilom, mikrometrima i sl., slika 18.0.2.



.

Slika 18.0.2. Apsolutna i relativna merenja

Relativna (uporedna) metoda merenja zasniva se na poređenju merene

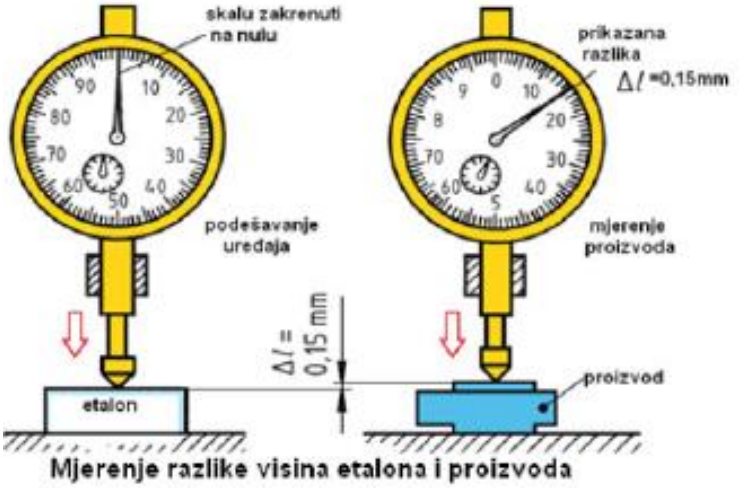
veličine sa posebno izrađenim uzorkom ili etalonom. Na slici 18.0.2. je prikazano poređenje sa graničnim paralelnim merkama.

Prema korištenoj mernoj opremi metode merenja i kontrole se mogu podijeliti i na:

- kontaktne (taktilne) i
- bezkontaktne.

4. Kontaktne i bezkontaktne metode

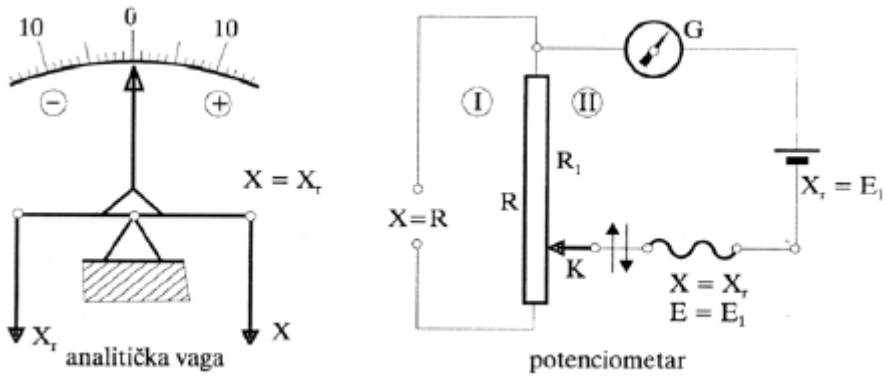
Kontaktne metode koriste instrumente čiji merni pipak dodiruje mereni ili kontrolirani objekat u toku merenja ili kontrole. Na slici 18.0.3. prikazan je komparator sa kontaktnim pipkom.



Slika 18.0.3. Merno sredstvo za kontaktnu kontrolu

Bezkontaktnim metodama se vrši merenje ili kontrola objekata ili parametara bez fizičkog dodira sa njima. Ove metode su npr. optičke metode mjerenja i kontrole.

Nulti metod, kako mu i samo ime kaže, svodi se na dovođenje razlike između merene i referentne vrednosti na nulu i uspostavljanje ravnoteže. Ovaj metod se koristi za vaganje kod različitih vrsta vaga, slika 18.0.4, ili kod mjerenja elektropretvaračkim mernim trakama gdje se koristi električni most.



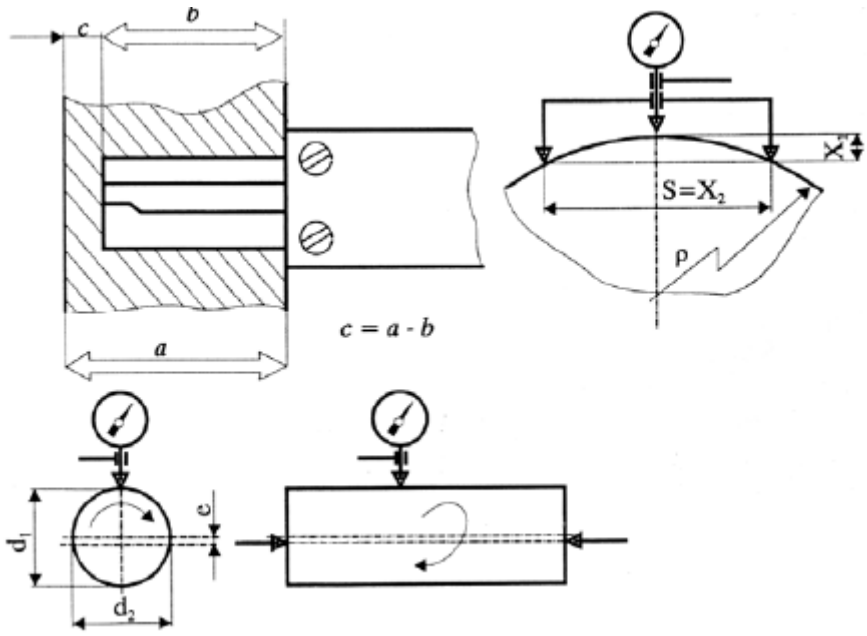
Slika 18.0.4. Nulti metod i električni most

Korištenjem merne tehnike mogu se vršiti merenja i dobiti rezultati na neki od sljedećih načina:

- direktno,
- indirektno,
- grupno i
- centralizovano (kompleksno)

Najjednostavnija merenja sa aspekta dobijanja rezultata su direktna merenja. Vrednost merne veličine se direktno očitava iz rezultata merenja. Merna veličina se upoređuje sa merom pomoću mernog uređaja, graduisanog u odgovarajućim jedinicama, npr. merenje dužine je upoređivanje sa mernim uređajem koji ima skalu u metrima i manjim jedinicama.

Kod indirektnog merenja merna veličina se dobiva se posredno iz poznatih relacija koje povezuju izmerene i tražene veličine. Na primjer, meri se dužina stranice kvadra i na osnovu nje izračuna zapremina kvadra. Ova merenja vrše se u slučaju kada je jednostavnije, brže i jeftinije doći do rezultata merenja, ali i u slučaju kada se direktnim merenjem dobiju rezultati manje tačnosti, slika 18.0.5.



Slika 18.0.5. Indirektno merenje

Grupna merenja se provode tako što se istovremeno vrši direktno merenje više istorodnih veličina. Tražene veličine dobiju se rešavanjem sistema jednačina.
Kompleksna merenja se provode tako sto se istovremeno vrši merenje više nejednorodnih veličina. Kod ovih merenja treba uspostaviti vezu između mernih veličina.
S obzirom na tačnost rezultata, merenja mogu biti :

- maksimalne tačnosti,
- u cilju provere i kontrole,
- tehnička merenja.

U prvu grupu se ubrajaju etalonska merenja, čiji rezultati daju vrednosti najveće tačnosti s obzirom na postojeći nivo tehnike. Ova merenja se koriste za dobivanje odgovarajućih jedinica fizičkih veličina i konstanti.
Merenja čiji je cilj kontrola imaju greške koje se kreću u zadanim granicama. Ova vrsta merenja se provodi u laboratorijama, a služi za uvođenje standarda i proveru merne tehnike u proizvodnim mernim laboratorijama i pogonima

5. Mehanički uređaji za kontrolu i merenje dužina i uglova

Postoje različite podjele mernih sredstava za proizvodna merenja. U principu merila za mjerenje dužine dele se prema principu rada. U ovom

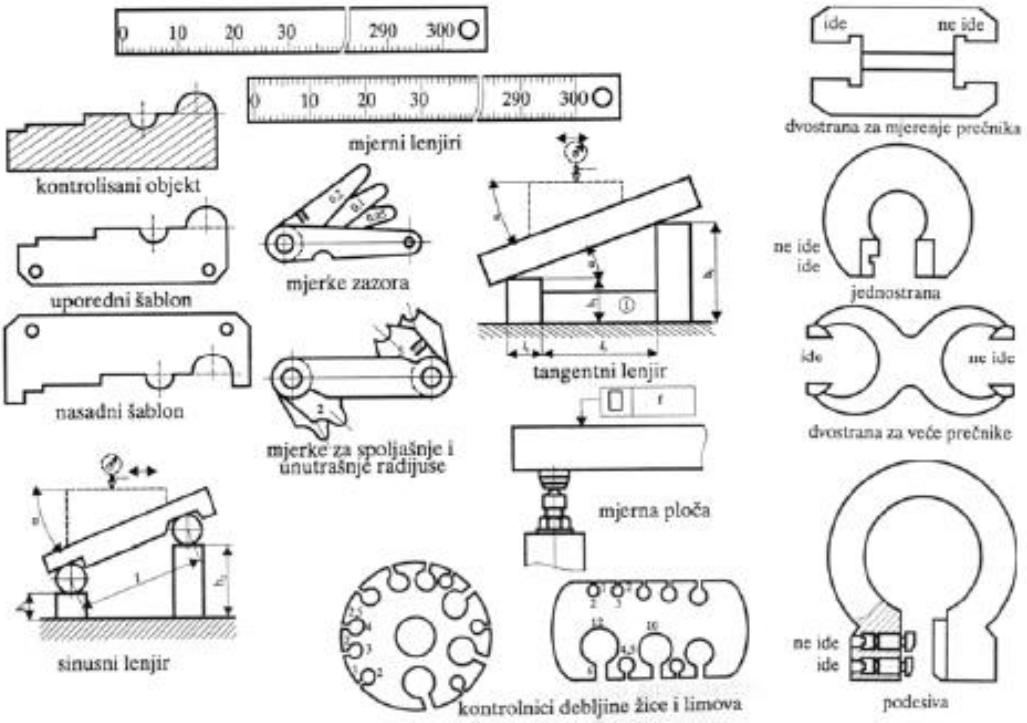
poglavlju biće opisana merila za merenje u proizvodnji koja rade na mehaničkom principu. Mogu biti:

- Bez pokazivanja merne veličine -kontrolni
- Sa pokazivanjem merne veličine-merni

U grupu merila bez pokazivanja merene veličine spadaju-kontrolni:

- Granična merila,
- Tolerancijska merila,
- Lenjiri bez skale,
- Merne ploče,
- Šabloni i kalibri.

Kontrolna oprema može se koristiti u kontroli različitih aktivnosti u proizvodnji i održavanju i može bi sasvim jednostavna kao na slici 18.0.6.



Slika 18.0.6. Kontrolna oprema

U grupu merila i mernih uređaja sa pokazivanjem merene veličine spadaju:

- merila sa nonijusom,
- mikrometri i
- komparatori.

6. Paralelne granične merke i kontrolni prstenovi

Paralelne granične merke su najvažnije utelovljene merke u tehnici merenja dužina. U hijerarhijski uređenom lancu prenošenja mera sa etalona, putem sljedivosti, na jedinicu dužine metar, granične mjerke zauzimaju ključnu poziciju, slika 18.08.7. i 18.08.8.
Paralelne granične mjerke su standardizirane internacionalnim standardom ISO 3650, odnosno njemačkim nacionalnim standardom DIN 861 sa nazivnim dužinama od 0,5 mm do 1000 mm.

Klase tačnosti graničnih merki
Granična merila za dužine izrađuju se u pet klasa tačnosti za određene namjene i to:

- 00,
- kalibraciona K,
- 0,
- I,
- II.

Merila klase tačnosti 00 su ona koja služe za kalibraciju na početku postupka kalibracije svakog kompleta graničnih merila. Osnovna uloga graničnih mjerila ove klase tačnosti je da posluže kao etalon proizvođačima graničnih mjerila kao i u laboratorijama gdje se umeravaju merila. Koriste se u kalibracionim laboratorijama.
Kalibraciona granična merila se koriste za kalibraciju drugih merila jer se njihovim korištenjem mogu ispuniti zahtjevi koji se traže od merila za kalibraciju.
Klase graničnih merila 0, I, II tačnosti koriste se opštoj proveru mjerila. Npr. klasa 0 koristi se za proveru merila kojima se želi postići velika preciznost.
Klasa I se koristi u proveri merila koima se vrše merenja u proizvodnji od kojih se zahtijeva velika tačnost.



Slika 18.08.7. Garnitura paralelnih graničnih merki



Slika 18.08.8. Garnitura cilindričnih merki

Kontrolni prstenovi

Prstenovi utelovljuju veličine unutrašnjeg cilindra, a također predstavljaju element oblika kružnog cilindra, u vrlo uskim tolerancijama izrade. Pored paralelnih graničnih merki ubrajaju se u najvažnije referentne etalone, slika 18.08.9.

Za opštu primenu i za pneumatska merila dužina, standardizirani su DIN-om 2250 dio 1 i za preciznu tehniku DIN-om 2250 dio 2.



Slika 18.08.9. Izvedbe kontrolnih prstenova

7. Kontrolnici

Kontrolnici ili tolerancijska merila služe za kontrolu proizvoda. Postoje različiti načini kako se mogu razvrstati tolerancijska mjerila, a prikazani su na slici 18.0.11.
Tolerancijska mjerila se izrađuju u dva osnovna oblika:

- u obliku račvi za kontrolu spoljašnjih i
- u obliku čepova za kontrolu unutrašnjih dužinskih mjera.

Kontrolnicima ili tolerancijskim merilima se proverava da li se kontrolisana veličina nalazi u granicama dozvoljenih odstupanja, ali se ne utvrđuje vrednost kontrolisane veličine niti merno odstupanje. To su čvrsta merila sa stranom
"IDE" i "NE IDE".
Korištenjem račve i čepa, slika 18.0.10. može se odrediti da li je kontrolisana dimenzija u granicama dozvoljenih tolerancija, iznad ili ispod njih.
Prema nameni kontrolnici se dele na:

- Radne
- Prijemne i
- Revizione

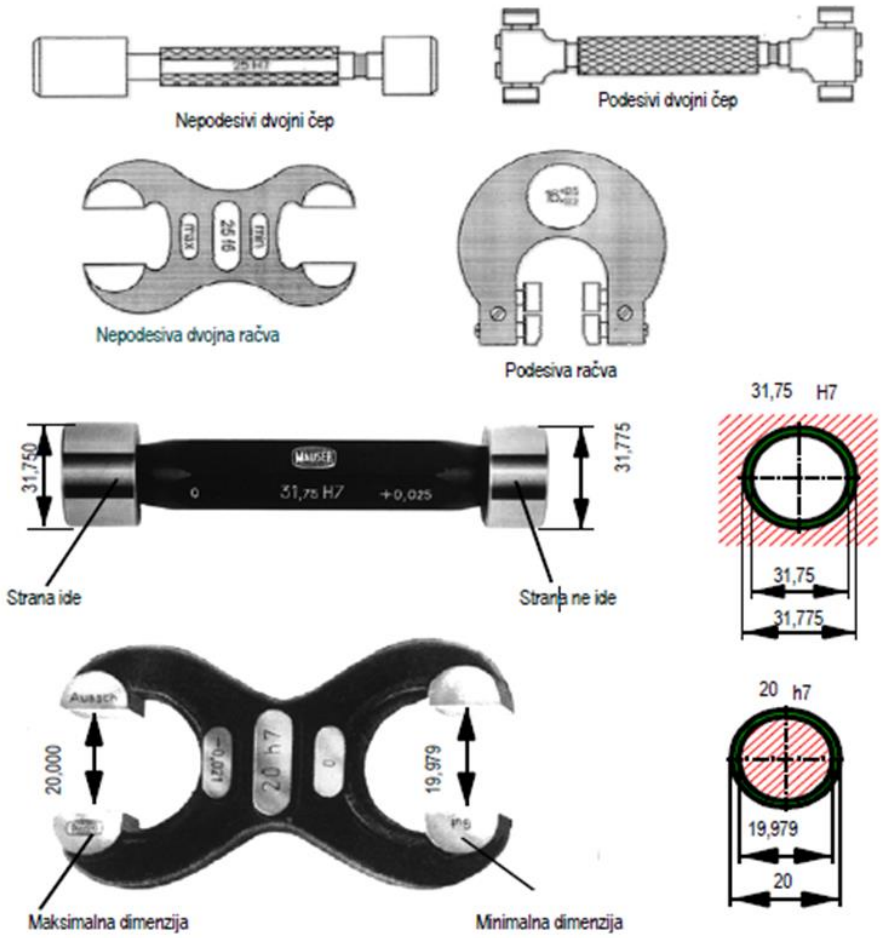
Radionička radna merila se koriste neposredno u proizvodnji, prijemna za prijem, a reviziona za završnu kontrolu proizvoda i kontrolu radnih merila. Prije svega, reviziona merila služe za proveru i prijem radnih kontrolnika.
Prema konstrukciji kontrolnici mogu biti:

- čvrsti i
- podesivi

Podesivi regulacioni omogućavaju neutralisanje habanja i podešavanje merila za kontrolu dimenzija različitih vrednosti i različitih odstupanja.

Prema obliku merila mogu biti:

- jednostrana i
- dvostrana

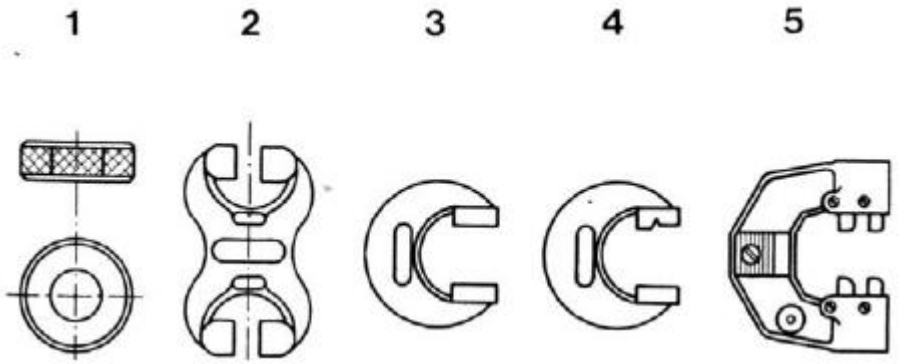


Slika 18.0.10. Tolerancijska merila račve i čepovi

Tolerancijska merila za osovine

Jednostrana merila za osovine služe prvenstveno za kontrolu prečnika valjkastih tela (osovina), mada u izvesnim slučajevima mogu biti upotrijebljena i za kontrolu prizmatičnih tijela. Na slici 18.0.11. su prikazane glavne vrste jednostranih merila za osovine

1. Jednostavno prstenasto merilo,
2. Dvostrana diferencijalna račva tipa "IDE" - "NE IDE",
3. Jednostavna račva,
4. Jednostrana diferencijalna račva "IDE" - "NE IDE", (sa otvorom na jednoj strani),
5. Podesiva diferencijalna račva tipa "IDE" - "NE IDE".



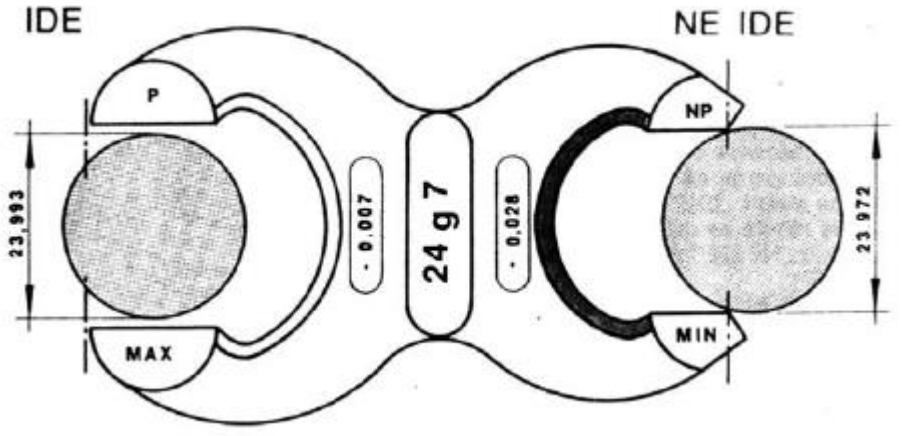
Slika 18.0.11. Račve

Diferencijalne račve

To su merila koja se najviše koriste za kontrolu osovina koje su obrađene u tolerancijama utvrđenim ISO standardima**.** Njihova dva otvora služe za kontrolu prečnika osovina. Ako se stvarna mera prečnika osovine nalazi u predviđenom tolerancijskom polju onda će osovina prolaziti kroz otvor strane "IDE", a neće moći da prođe kroz otvor strane "NE IDE".

Karakteristike diferencijalne račve

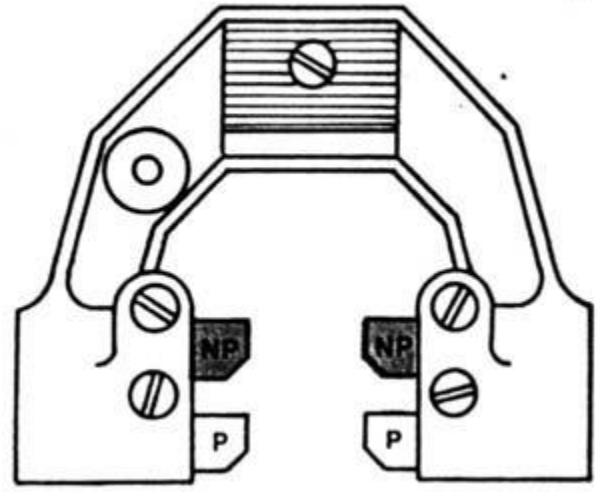
Na svaku tolerancijsku račvu tipa "IDE" - "NE IDE" se stavlja potpuna oznaka tolerancije ISO za osovinu koja se njome kontroliše, a to znači: nazivna mera, kvalitet obrade, položaj tolerancije i odgovarajuća nazivna odstupanja; gornje na strani "IDE", a donje na strani "NE IDE", sl.18.0.12. Strane otvora se razlikuju po tome što je na strani "IDE" utisnuta oznaka P ili MAX a na strani "NE IDE" oznaka NP ili MIN. Osim toga strana "NE IDE" ima dodatnu crvenu oznaku i oborene ulazne ivice otvora.



Slika 18.0.12.Dvostrana račva

Podesive račve za osovine

Izrađuju se kao jednostrane račve, s tim što su na ulaznom otvoru postavljena dva para mernih površina, čije se rastojanje može podešavati pomoću mikrometarskih vijaka, slika 18.0.13. Prvi par mernih pipaka od otvora predstavlja dio merila "IDE", a unutrašnji par dio merila "NE IDE". Podesivost ovih merila omogućava da se ona koriste ne samo za različite nazivne mere, nego da se po volji mijenja tolerancijsko polje za jednu nazivnu mjeru. Osim toga moguća je kompenzacija istrošenosti mernih pipaka tako što se mera otvora povremeno provjerava slogom paralelnih graničnih merila.

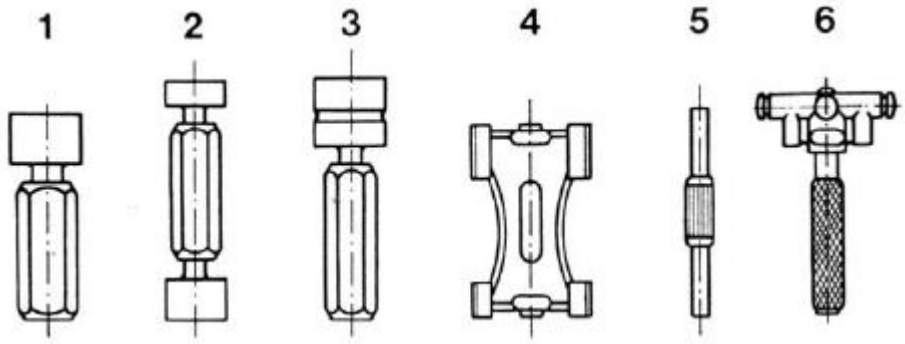


Slika 18.0.13. Podesiva račva

Tolerancijska merila za rupe

Ova merila su predviđena za kontrolu prečnika cilindričnih rupa, ali mogu da se koriste i za kontrolu unutrašnjih kota prizmatičnog oblika (kanala, žlijebova),sl.18.0.14,

1. Jednostavan kontrolni čep,
2. Diferencijalni dvostrani kontrolni čep tipa "IDE" - "NE IDE" (za Ø<120
   b. mm),
3. Diferencijalni jednostrani kontrolni čep tipa "IDE" - "NE IDE",
4. Diferencijalna dvostrana mjerka (za Ø > 260 mm),
5. Diferencijalni dvostrani čep za male prečnike,
6. Jednostrani podesivi kontrolni čep (za Ø >260 mm).



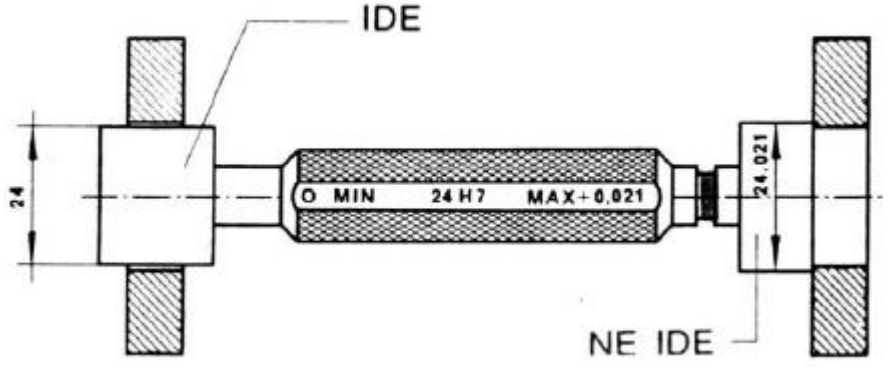
Slika 18.0.14. Čepovi

Diferencijalni kontrolni čepovi

To su merila koja se najviše koriste za kontrolu rupa koje su obrađene u tolerancijama utvrđenim ISO standardima. Sastoje se od dva valjkasta tijela (čepovi) koje spaja središnja drška,slika 18.0.15.

Karakteristike diferencijalnih čepova

Na svakom tolerancijskom čepu tipa "IDE"- "NE IDE" je navedena kompletna oznaka tolerancije ISO rupe koja se kontrolira, a to znači: nazivna mera,kvalitet obrade, položaj tolerancije i odgovarajuća nazivna odstupanja; gornje nazivno odstupanje na strani "NE IDE", a donje na strani "IDE". Dve strane merila se razlikuju po tome: što je strana "NE IDE" po visini kraća od strane "IDE", što strana "NE IDE" ima dodatnu crvenu oznaku, što strana "IDE" može da ima još i oznaku MIN, a strana "NE IDE" oznaku MAX.



Slika 18.0.15. Čep

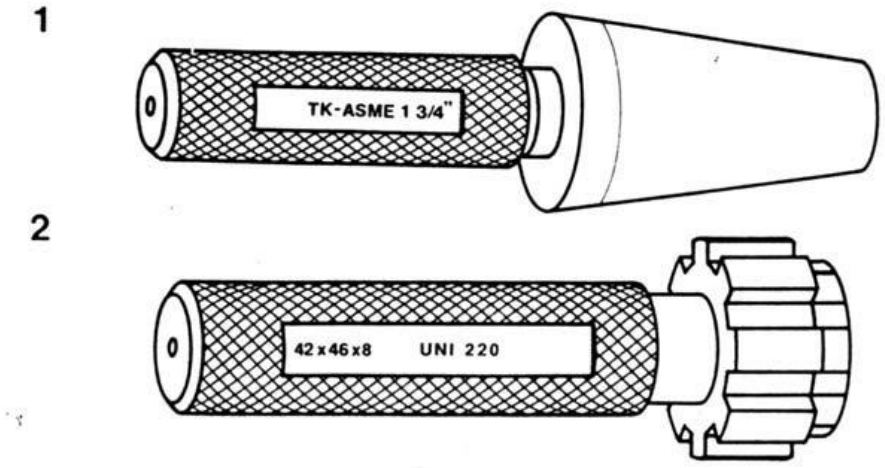
Ostala jednostruka merila

Jednostruka merila za konuse

Ova mjerila se koriste za kontrolu koničnih rupa. Linija urezana na koničnom čepu određuje dubinu do koje on treba da dospe ako je rupa obrađena u predviđenoj toleranciji, slika 18.0.16. (1). Postoje i čepovi sa dvije linije, odnosno jednim usjekom na kraju, koje označavaju toleranciju u čijim granicama može da se kreće koničnost rupe.

Jednostruka merila za ožljebljenje rupe

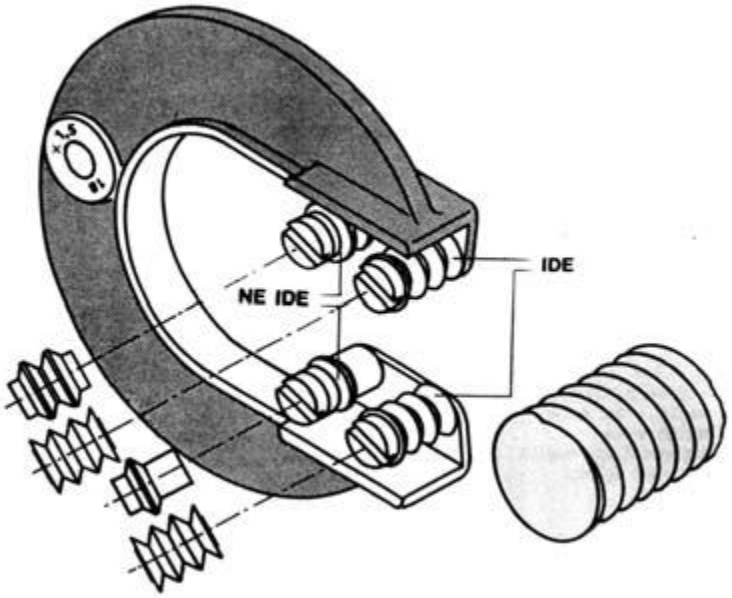
Na slici 18.0.16. je prikazano specijalno merilo za kontrolu ožlijebljenih rupa glavčina (2).



Slika 18.0.16.. Konično mjerilo i merilo ožlijebljenih rupa

Diferencijalne račve za spoljašnje navoje

Potpuna kontrola navoja vijka može se uspešno obaviti diferencijalnom račvom sa kotrljajnim navojnim kontrolnicima. Kao i kod svih diferencijalnih merila i ova kontrola se obavlja po sistemu "IDE" i "NE IDE". Stranu "IDE" čine dva kotrljajuća valjka sa kompletnim profilom navoja kroz koje lako prolazi ispravan navoj koji se kontroliše. Stranu "NE IDE" čini par valjaka, smešten iza prethodnog para, sa malom dodirnom površinom, ograničenom samo za kontrolu bokova navoja. Navoj koji se kontroliše ne smije da prođe kroz kotrljajne valjke strane "NE IDE"; jer oni služe samo za kontrolu srednjeg prečnika navoja. Ovim mjerilom se, dakle kontroliše srednji prečnik, korak i ispravnost osnovnog, trouglastog profila navoja, slika 18.0.17.



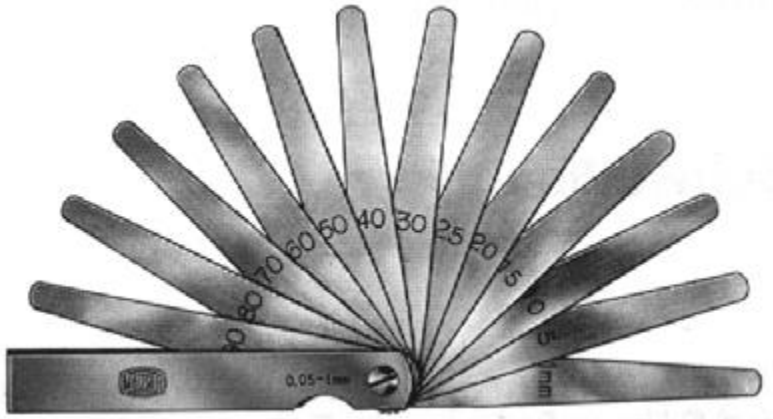
Slika 18.0.17. Diferencijalne račve za spoljašnje navoje

8. Šabloni i kalibri - jednostruka namenska merila

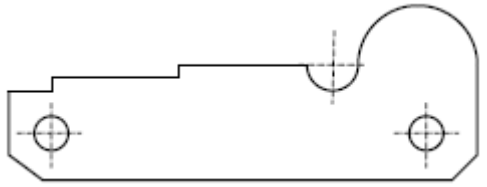
Ova vrsta merila se uglavnom izrađuje od limova u kompletima, posjeduju određeni oblik i mere, a koriste se za brzu kontrolu predmeta specifičnog oblika, čije je merenje uobičajenim sredstvima merenja otežano ili nemoguće. U ovu kategoriju merila spadaju: jednostruka merila za zazore ("špijuni"), jednostruka mjerila za unutrašnje i spoljašnje radijuse, jednostruka merila za nagibe (livačke i kovačke) i "češljevi" za kontrolu koraka navoja, na slikama od 18.0.18 do 18.0.23 prikazna su navedena kontrolna merila. U ostala jednostruka merila mogu se ubrojati lenjiri bez skale, šabloni, merne ploče i kalibri.



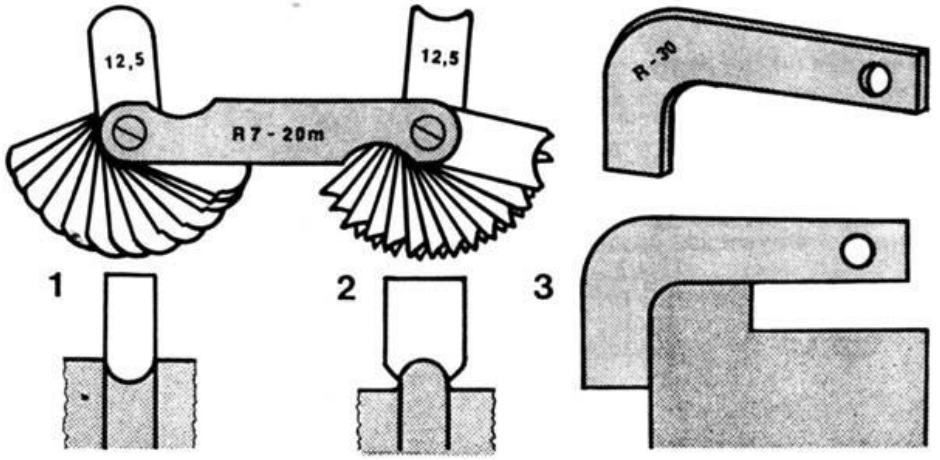
Slika 18.018. Šabloni za kontrolu koraka i profila navoja



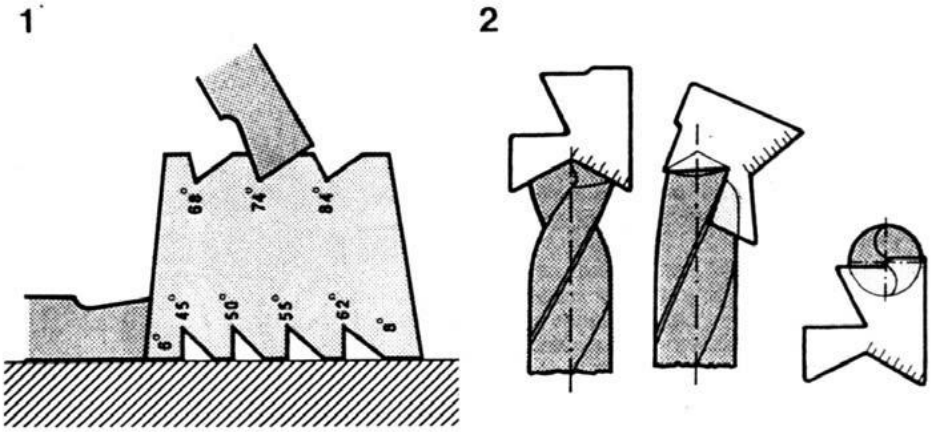
Slika 18.0.19. Listići



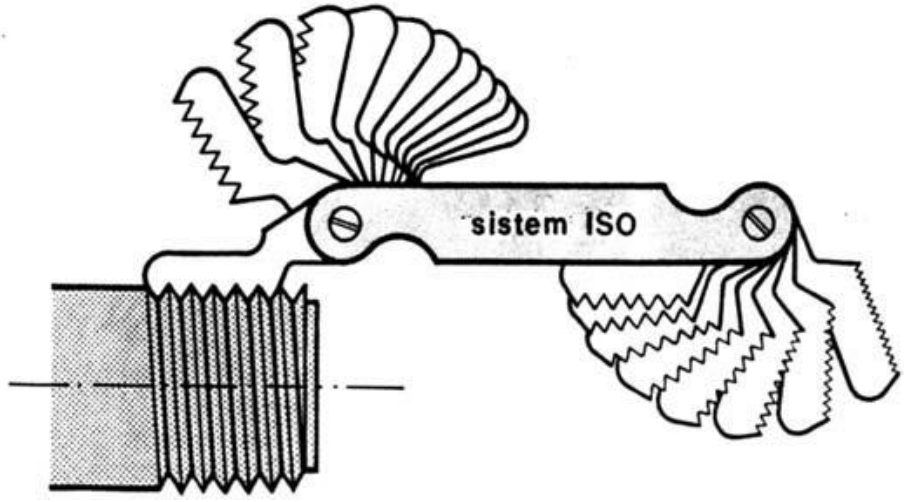
Slika 18.0.20. Šablon za kontrolu složenog profila



Slika 18.0.21. Merila za radijuse



Slika 18.0.22. Merila za uglove reznih alata
(1) Kontrolnik za razne uglove strugarskih noževa
(2) Kontrolnik za uglove vrhova spiralnih burgija.



Slika 18.0.23. Merila za kontrolu koraka navoja

9. Granične merke za uglove

Uglovna granična merila predstavljaju etalon-ugaonike za indirektnu kontrolu i merenje uglova metodom upoređivanja. Odlikuju se time što poseduju dve merne idealno ravne površine koje međusobno zaklapaju ugao čija je nazivna vrednost ograničena veoma uzanim tolerancijama.
Mala hrapavost mernih površina obezbjeđuje dobro prianjanje merilima.
Prvenstveno se primenjuju:

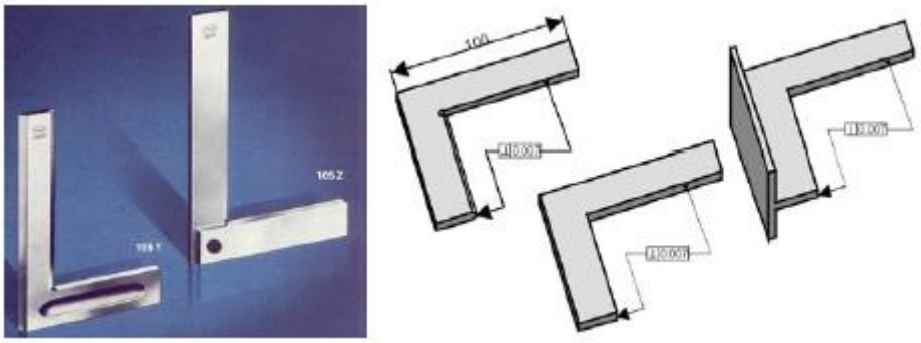
- za kontrolu i umeravanje merila za uglove (uglomjere),
- za provjeru tačnosti ugaonika,
- za tačno podešavanje položaja nagibnih stolova,

- za provjeru koniciteta,
- za prenošenje tačnih vrijednosti uglova na podesive ugaonike.

Uglovna merila se također izrađuju u kompletima sačinjenim od određenog broja pojedinih merila, a svako ima različitu ugaonu vrednost. Granične merke za uglove imaju dve ravne pravougaone merne površine, čiji položaj jedne u odnosu na drugu utelovljuje određeni ugao. Različitim kombinacijama pojedinačnih merki može se predstaviti bilo koji ugao. Za uglovne granične merke ne postoje još niti internacionalne kao i nacionalne važeće norme. Uobičajena granična odstupanja nazivne mere uglovne granične mjerke su ± 2". Na slika 18.0.24. i 18.0.25. prikazani su neke granične merka za uglove.



Slika 18.0.24. Granična mjerila za uglove



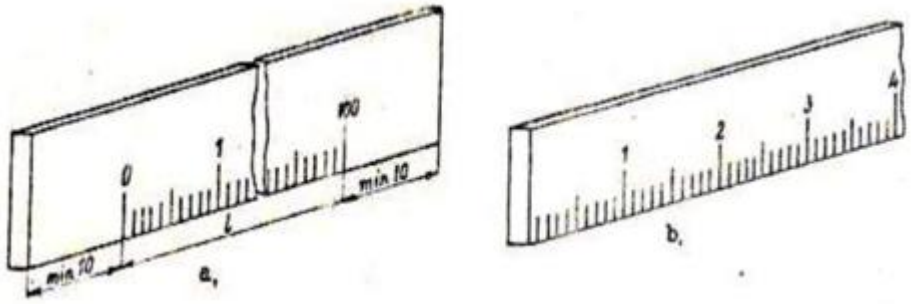
Slika 18.0.25. Standardizirane izvedbe ugaonika 90°: nožasti, kontrolni i radionički

10. Merenja i merni uređaji sa direktnim očitavanjem vednosti

Ova merila posjeduju podioke pomoću kojih može da se očita brojčana vrednost veličine koja se meri:

- lenjir sa milimetarskom podelom
- Pomično kljunasto merilo
- Dubinomjeri
- Mikrometar za spoljašnja merenja
- Mikrometar za unutrašnja merenja
- Specijalne izvedbe mikrometara
- Uglomjer

Radionički lenjiri se izrađuju u dvije klase tačnosti I i II (JUS K.T1.065 odnosno DIN866) od nekaljenog čelika. Dužina im je 5 m poprečnog presjeka 5x25 do 14x70 mm, što zavisi od dužine i stepena tačnosti lenjira.



Slika 18.0.26. Radionički lenjiri

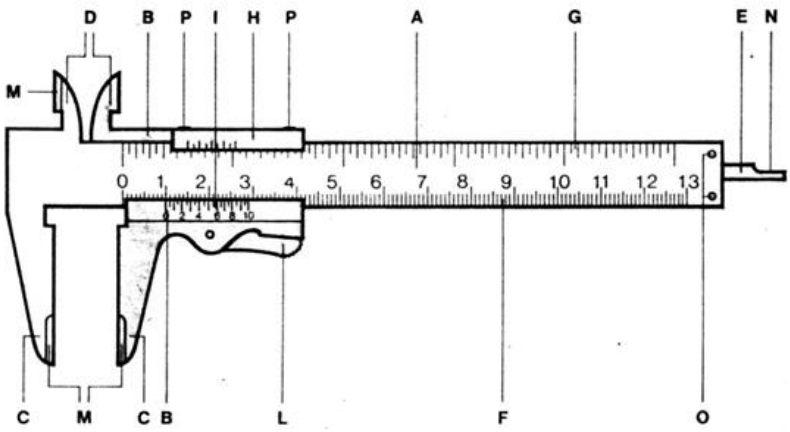
Merila sa nonijusom

Spadaju u grupu višestrukih mernih sredstava koja su najstarija, ali i najčešće korištena. Tu spadaju:

- Pomično merilo
- Mikrometri
- Komparatori

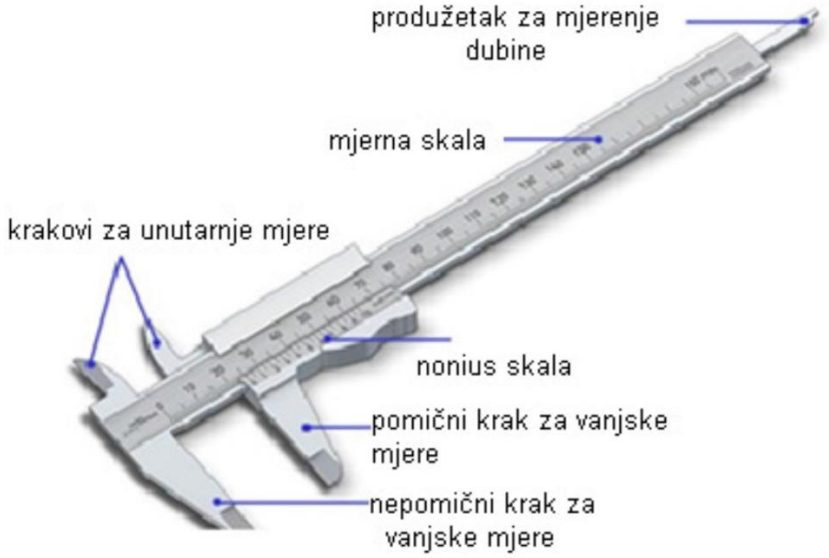
Univerzalno pomično merilo

Univerzalno pomično merilo izrađuje se sa različitim opsegom merenja i sa različitim skalama nonijusa. Podela na nonijusu se izrađuje kao podela jednog *mm* skale na deset, dvadeset ili pedeset delova, slika 18.0.27. To zavisi kolika se tačnost želi postići merenjem sa pomičnim merilom.



Slika 18.0.27. Univerzalno pomično merilo

Glavni delovi pomičnog kljunastog merila:

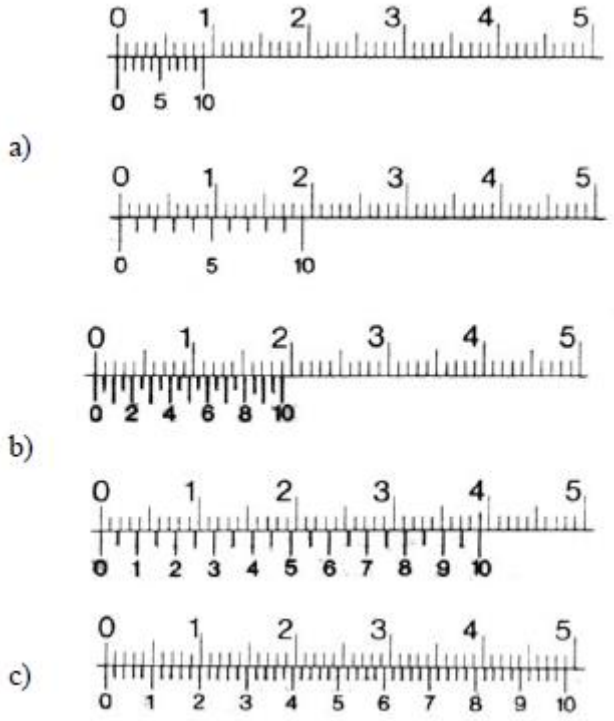


Pomična kljunasta merila koja se koriste u metaloprerađivačkoj industriji imaju opsege merenja od 150 do 500, pa i više mm. Dužina krakova raste proporcionalno dužini merila i obično se kreće od 40 do 150 mm.
U odnosu na nonijuse kojim su opremljena, pomična kljunasta merila se dijele na:

a. Merila sa nonijusom od deset podjeljaka. Nonijus sa deset podjeljaka (jednostavan ili dvostruki) tačnost mjerenja 1/10=0,1 mm.

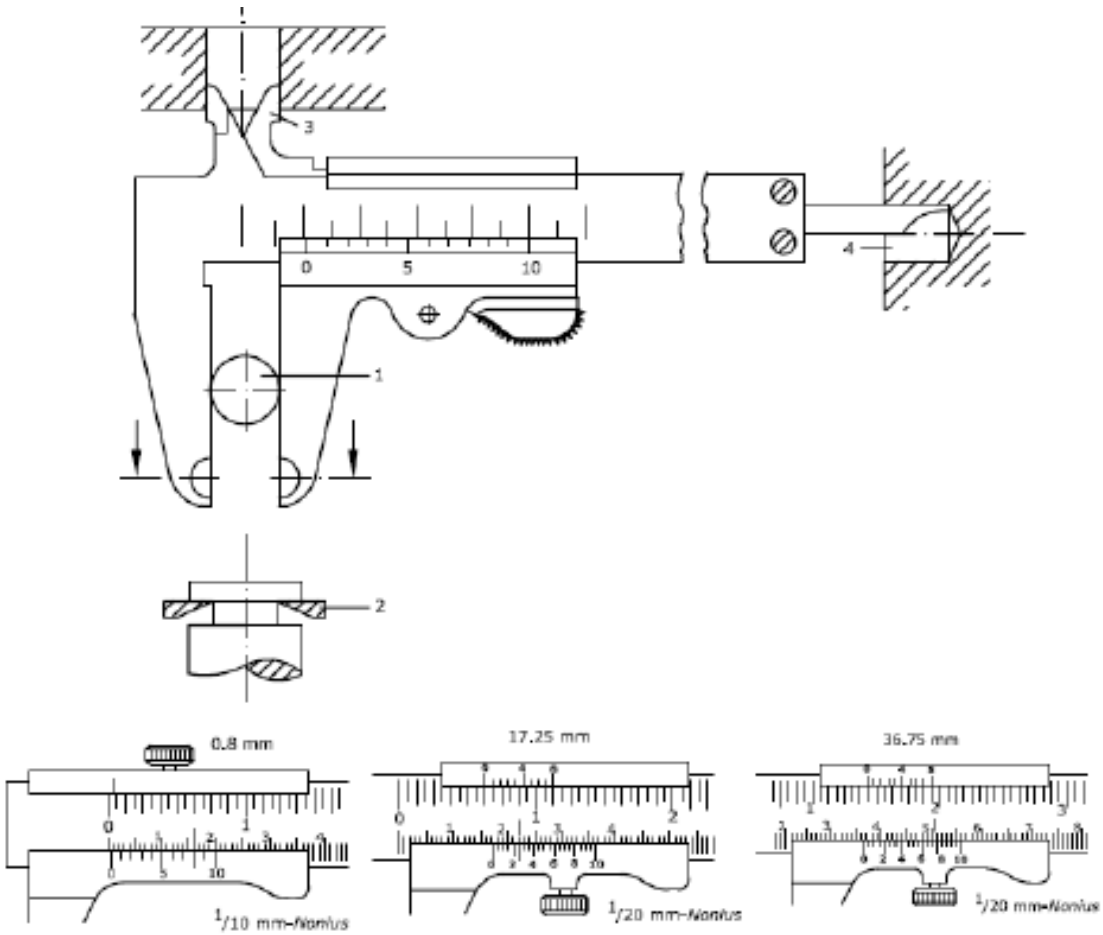
b. Merila sa nonijusom od dvadeset podjeljaka. Nonijus sa dvadeset podjeljaka(jednostavan ili dvostruki) tačnost merenja 1/20=0,05 mm.
c. Mjerila sa nonijusom od pedeset podjeljaka. Nonijus sa pedeset podjeljaka, tačnost mjerenja 1/50=0,02 mm.

Izbor merila zavisi prvenstveno od zahtijevanog stepena tačnosti mjerenja, odnosno praktično od dozvoljene tolerancije izrade predviđene crtežom predmeta koji se meri. Koriste se za merenje vanjskih i unutrašnjih dimenzija, a tačnost zavisi od podjele na skali nonijusa. Mogu biti sa analognom skalom ili digitalnim očitavanjem.



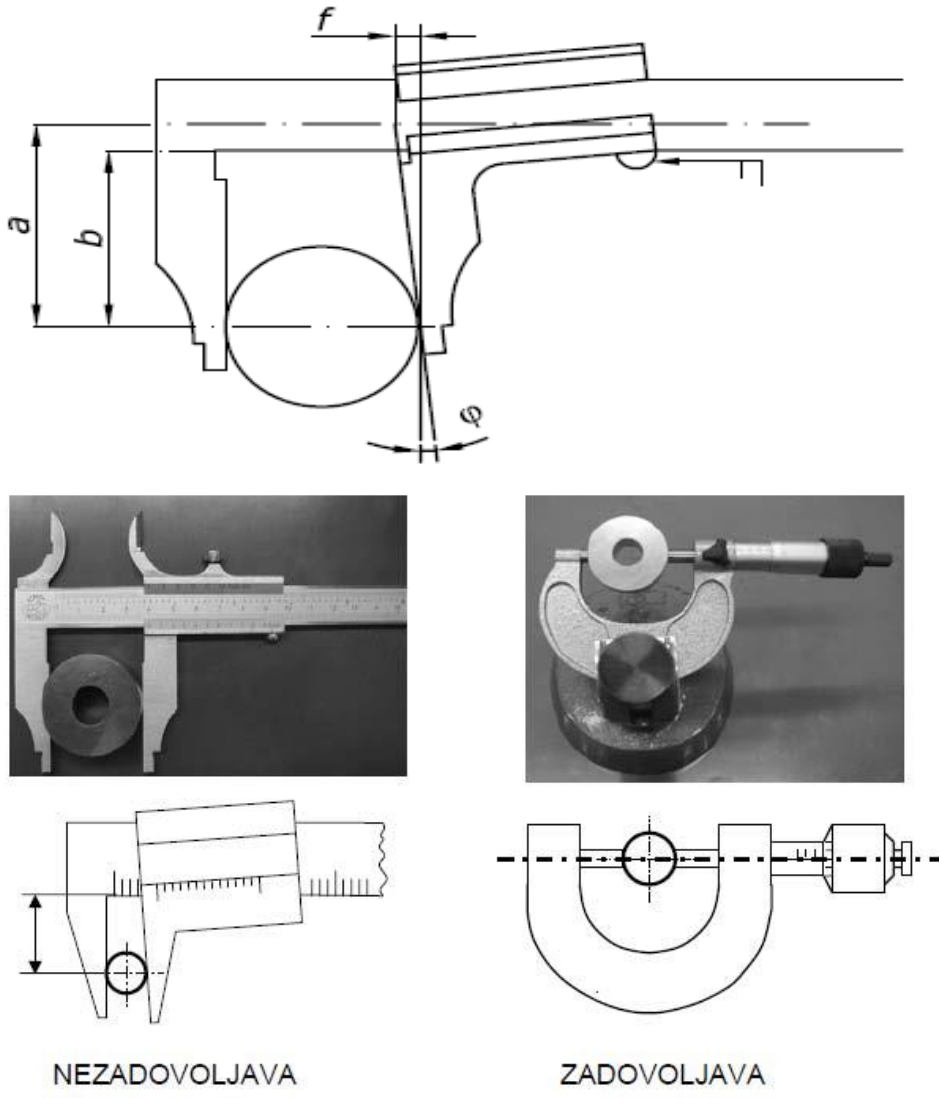
Slika 18.0.28. Poređenje pomičnih merila sa deset (a), dvadeset (b) i pedeset (c) podjeljaka

Prema izvedbi pomičnih merila svaki merni krak nosi jednu ili dvije merne površine. Merena vrijednost se očitava pomoću glavne podele i nonijusa. Vrijednosti nonijusa su 1/10, 1/20 i 1/50 mm.



Slika 18.0.29. Pomično merilo i primeri očitavanja za nonius 1/10 i 1/20 mm

Nedostatak pomičnih merila jeste činjenica da nije zadovoljen Abbeov princip. Zakretanjem pokretnog kraka nastaje greška prvog reda, koja ulazi direktno i u punoj veličini u mjerni rezultat, slika 18.0.30 .

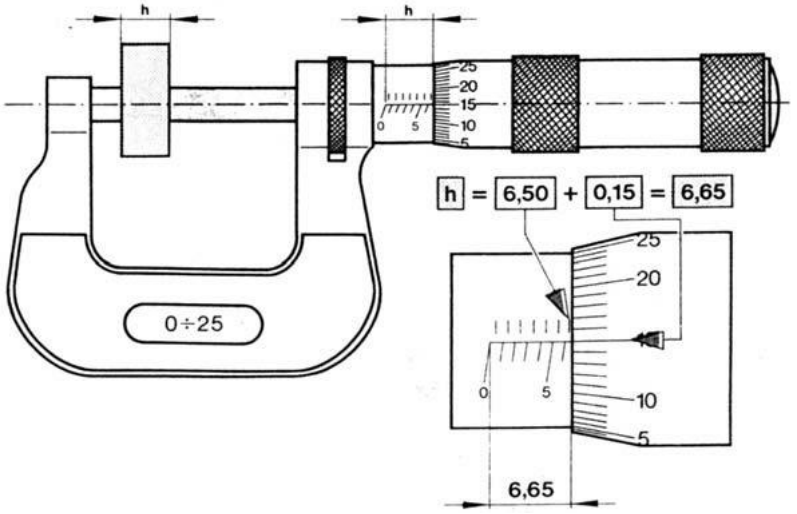


Slika 18.0.30. Uticaj zaokrenutosti na merenu vrednost

Uzroci nagnutosti su odstupanje ravnosti i paralelnosti vodećih površina graduisanih lenjira pomičnog merila. Uticaj ima i odnos radne sile i otpora trenja, zbog čega se javlja rezultujuća merna sila. Preko zazora nastaje elastična deformacija njegovog vođenja kao i ugib lenjira. Radna sila savlađuje otpor trenja (slika) pri kretanju, dok mjerna sila djeluje za vrijeme mernog procesa na nepokretnom i pokretnom mernom kraku. Zbog toga je merna sila zbog trenja manja nego radna sila. Merna sila ima vrijednost između 1 N i 7 N. Uobičajene vrednosti sile trenja leže u području između 2,5 N i oko 4,5 N.

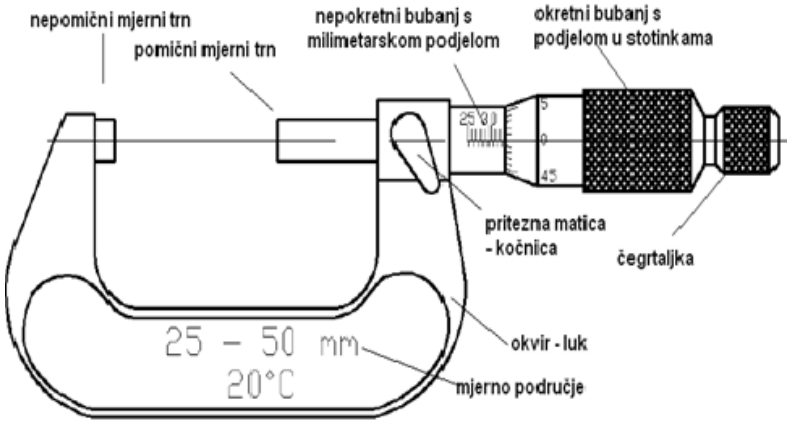
Mikrometri

Kod mikrometara utelovljena mera je vrlo precizno navojno vreteno. Pored visokih zahtjeva za izrazito mala odstupanja koraka, osnova preciznih mikrometara je i uniformnost oblika profila navoja i prečnika duž cele dužine navoja. Mala hrapavost površina i vrlo malo odstupanje kružnosti mernog navoja i cilindričnog dela za vođenje daju navojnom vretenu zahtijevani ravnomerni hod. Na slici 18.0.31. prikazan je mikrometar za merenja od 0 do 25 mm i skale mikrometra.



Slika 18.0.31. Mikrometar i skale mikrometra

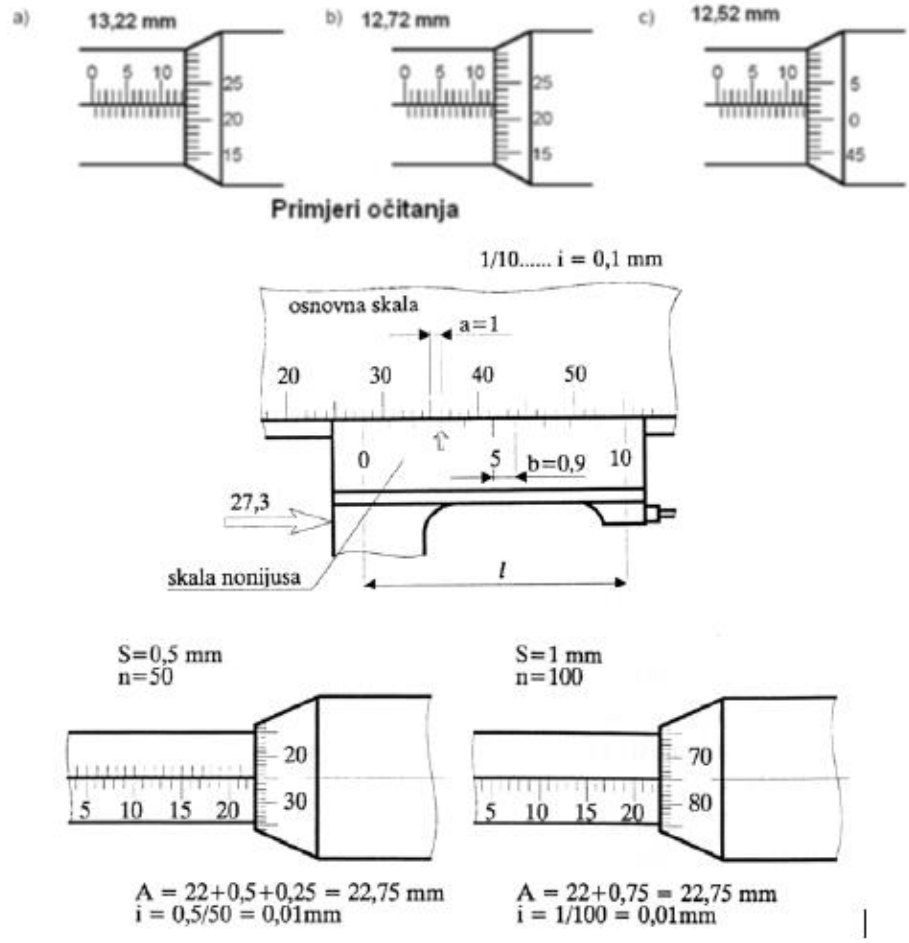
Na slici 18.0.32. prikazani su sastvni delovi mikrometra.



Slika 18.0.32. Osnovni delovi mikrometra

Merno područje mikrometara po pravilu iznosi 25 mm bez obzira na veličinu otvora njegovog tijela. Granica od 25 mm je uzeta zato da bi se

izbjegle greške pri izradi mikrometarskog mehanizma, što bi za posedicu imalo netačnosti pri merenju. Na primjer, suviše dugačko merno vreteno bi se moglo kriviti. Na slici 18.0.33. prikazane su primer očitavanja veličine. Navedene vrijednosti smatraju se karakteristikama instrumenta koji sadrži skalu.



Slika 18.0.33. Pokazni primer očitavnja izmerne veličine

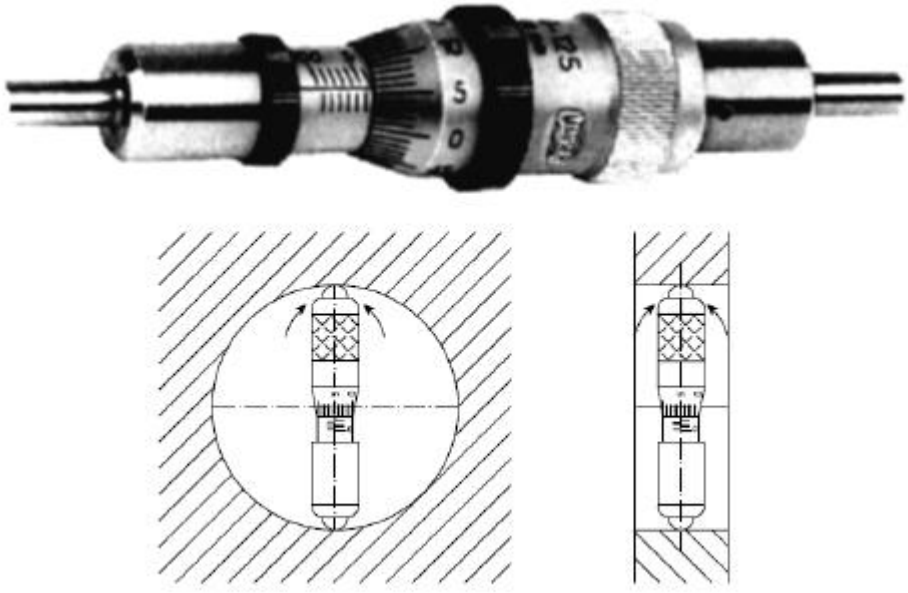
Mikrometri za unutrašnja merenja

Ovim mikrometrima se meri samo stvarna mera predmeta. Postoje izvedbe uređaja sa i bez utelovljene mere. Utelovljena mera je navojno vreteno, dok uređaji bez utelovljene mere rade u pravilu sa mernim satom ili komparatorom. Razlikuju se dve izvedbe ovih uređaja; **i to sa dodirom predmeta u dve tačke i dodirom predmeta u tri linije.** Dugo vremena su u upotrebi bili mikrometri za unutrašnja mjerenja sa dodirom

u dve tačke i sa dve linije dodira na provjeravanom predmetu. Zbog uslova upotrebe imali su veliku mernu nesigurnost zbog poteškoća u centriranju i postavljanja u horizontalan položaj.

Mikrometri sa dodirom predmeta u dve tačke

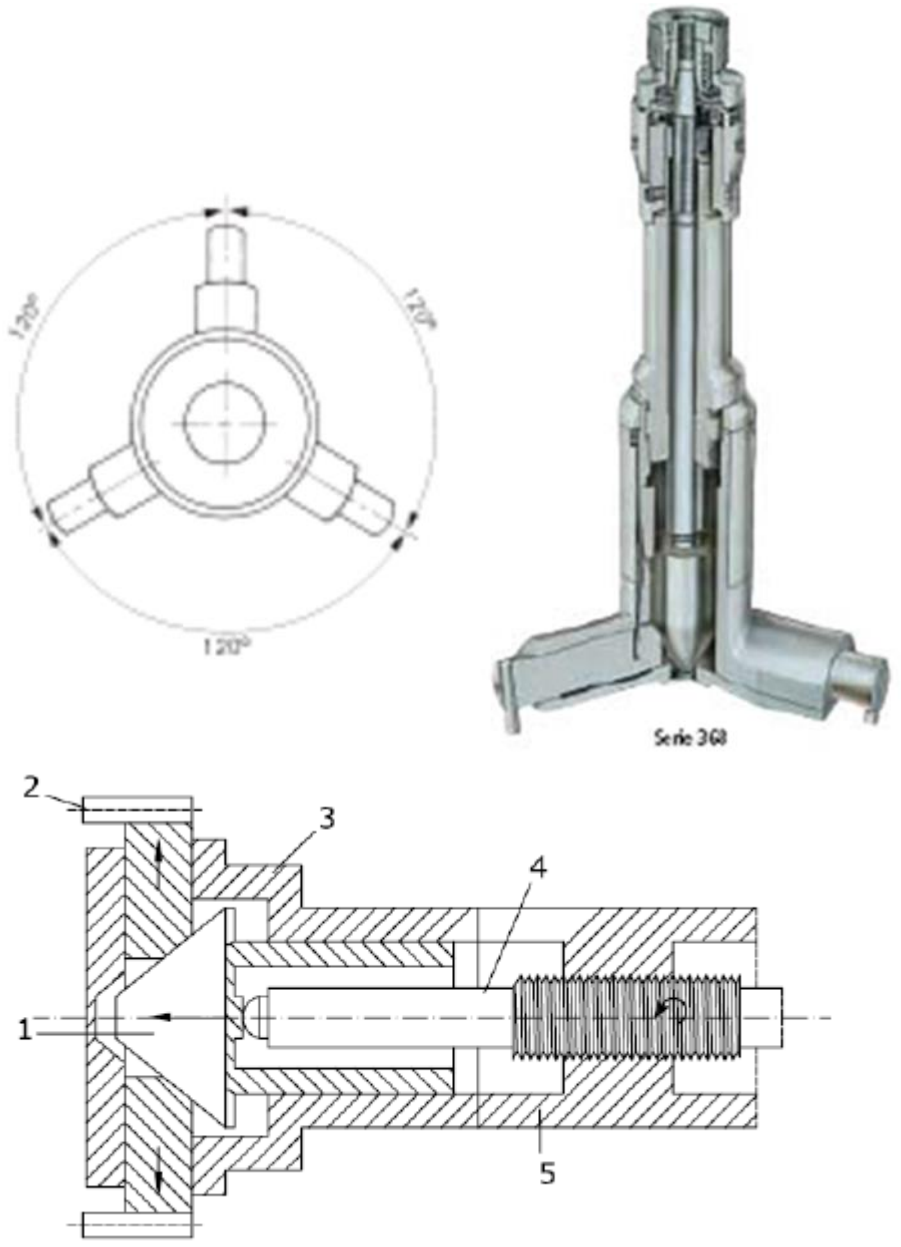
Postoje standardna tri različita konstruktivna oblika ovih mikrometara. Kao osnova služi merni vijak. Merne površine su u pravilu raspoređene suprotno u odnosu na mikrometre sa potkovicom. Merni oslonac sa suprotno položenom mernom površinom je smešten na vodećem dijelu za navojno vreteno.



Slika 18.0.34. Mikrometar za unutrašnje merenje sa dodirom u dve tačke

Mikrometri sa dodirom predmeta u tri linije

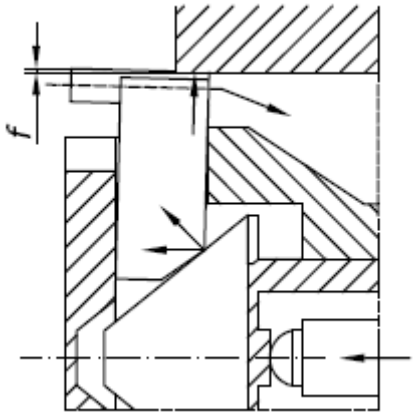
Posebna prednost u merenju prečnika otvora sa ovim tipovima mikrometara je u samostalnom radijalnom centriranju i postavljanju paralelno osi preko 3 linije dodira na mernom predmetu. Ovakav merni raspored daje nezavisnost postavljanja od osjećaja i sposobnosti kontrolora. Mikrometar sam zauzima pravilan položaj u otvoru. sl. 18.0.35 je prikazn trokraki mikrometar i njegovi osnovni delovi. Gornja granica primene ovih mikrometara je do 300 mm



Slika 318.0.35. Princip konstrukcije mikrometra sa dodirom predmeta u tri linije; 1 okretni konus, 2 merni pipak, 3 merno vreteno, 4 merni vijak

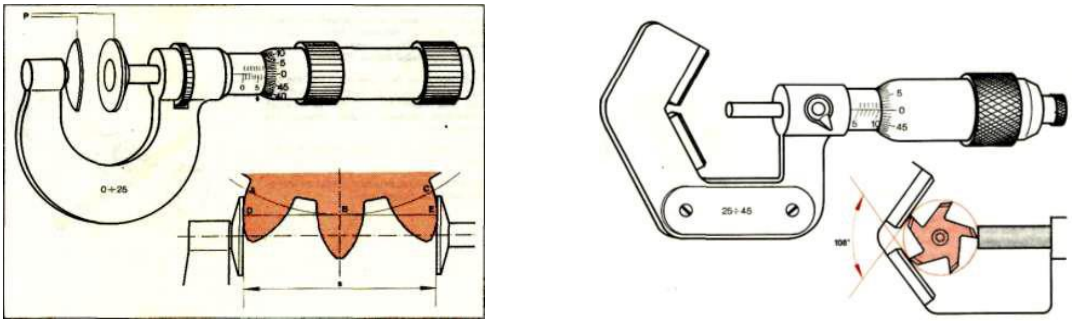
Za razliku od mikrometara sa dodirom predmeta u dve tačke, ovi poseduju jednu čegrtaljku koja ograničava mernu silu. Time je osigurano u svakom položaju upotrebe korektno centriranje i postavljanje. Konstrukciono kod mikrometara sa dodirom u 3 linije nastaje uslovno viša sila na mestu

dodira. Prema konstrukcionoj vrsti i mernom području uređaja merna sila može iznositi oko 20 do 30 N. Pri podešavanju se primenjuju merni prstenovi, međutim kod mikrometara za prečnike otvora (rupa) preko 200 mm se primenjuju posebne izvedbe utelovljenih mera, sl.18.0.36.



Slika 18.0.36. Pogrešno naleganje mernih površina mikrometra u merenom otvoru

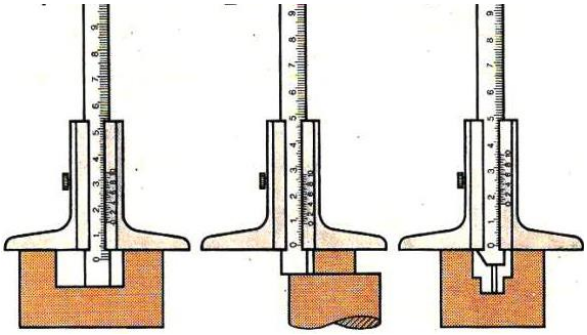
Klasični merni urđeji u primeni mašinske industrije



Namenski mikrometri



Dubinomeri



Dubinomeri

Uporedna merila, komparatori, merni satovi

Komparatori

Komparatori rade na različitim principima a najčešće su konstruirani da rade na:

- mehaničkom
- pneumatskom
- električnom i
- kombinovanom principu.

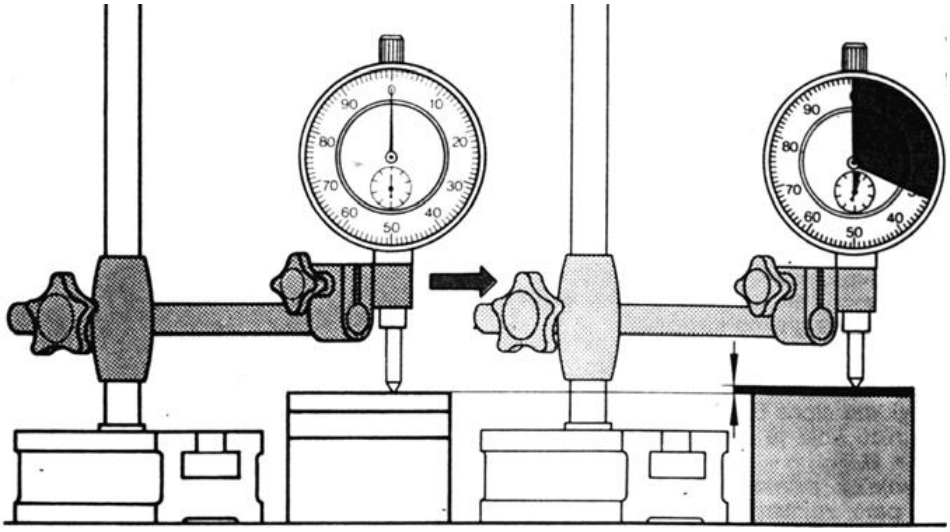
Kao i prethodna dva navedena merila koriste se za merenje dužina u proizvodnim procesima i održavanju.

Mehanički komparatori

Komparator je instrument koji se koristi za kontrolu grešaka oblika predmeta, kao i za uporedna merenja (utvrđivanje razlike) mera predmeta koji se kontroliše i odabranog etalona prikazan na slici 18.0.37. Kako komparator predstavlja uporedno merilo, on tokom upotrebe mora biti povezan sa nekom referentnom osnovom. U tu svrhu se koriste odgovarajući nosači

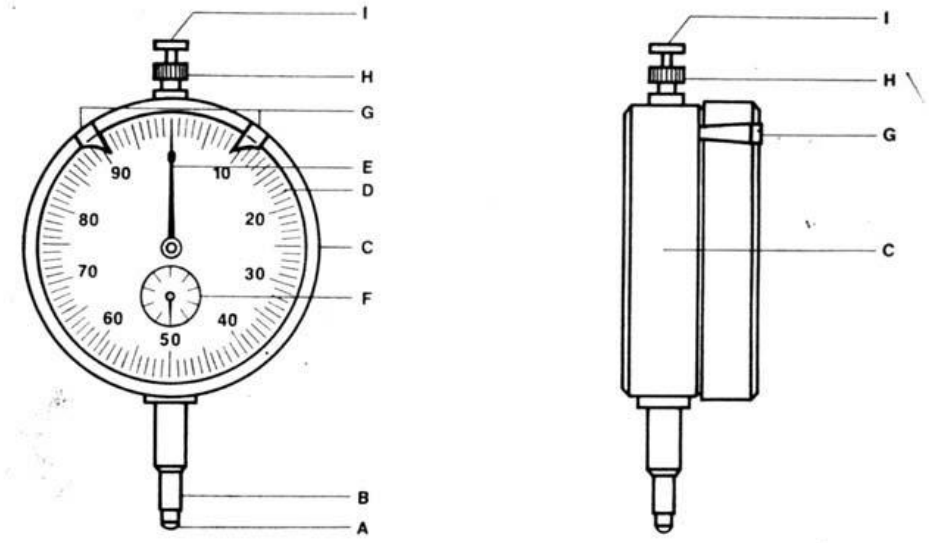


Slika 18.0.37/a. Komparator



Slika 18.0.37/b. Komparator

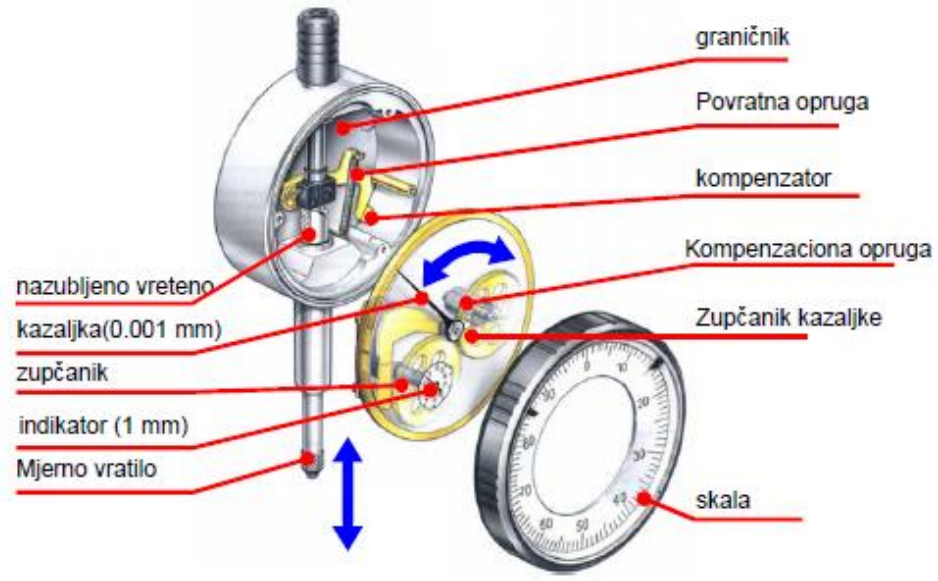
Delovi komaratora su dati na slici 18.0.27.



Slika 18.0.37.Delovi komparatora

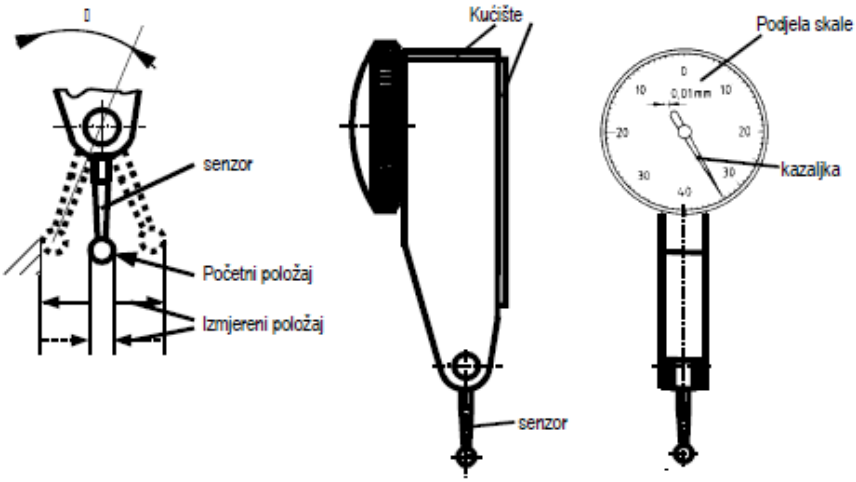
A- Merni pipak se oslanja na površinu predmeta koji se kontroliše, a na pokretnu polugu B je učvršćen navojnom vezom.
C -Kućište u koje je smešten mehanizam za uveličanje.
D -Skala u stotim delovima milimetrima.

E -Glavna skala za stote delove milimetra.
F -Milimetarska skala. Kazaljka se pomeri za jedan podiok kada glavna kazaljka komparatora obavi puni krug na skali stotih delova milimetra.
G -Pokretni pokazivači koji se mogu pomerati po obimu kućišta,a postavljaju se na granice željenog tolerancijskog polja.
H- Zavrtanj za nulovanje komparatora. Kod drugih tipova nulovanje se obavlja zakretanjem skale.
I -Dugme za odizanje pipka



Slika 18.0.38. Delovi komparatora

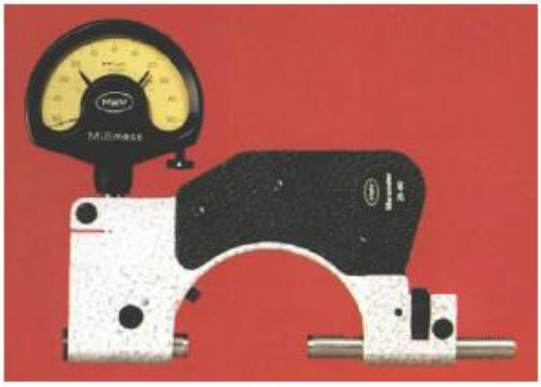
Mehanički komparator radi na principu skretanja kazaljke, koje se kod mehaničkih komparatora sa zupčanicima ostvaruje pomoću sistema za prenos merene veličine putem zupčanika, odnosno njihovog prenosnog odnosa. Na slici 18.0.38. prikazan je postupak merenja dužine pomoću mehaničkog komparatora.



Slika 18.0.38. Postupak mjerenja dužine pomoću komparatora

Komparatori za vanjska merenja

Osnovni element komparatora je savijena potkovica (uzengija), koja posjeduje jedan fiksni mjerni oslonac i jedan pokretni mjerni pipak, koji stoji pod oprugom koja omogućava stalnu mjernu silu. Fiksni oslonac može biti pomerljiv ili zamenljiv. Ovisno o veličini kao i konstrukciji potkovice za nazivne mere do 1500 mm i više dostižu se područja pomeranja od 25 do 100 mm..slika 18.0.39.



Slika 18.0.39.Uporedno merilo sa ugrađenim komparatorom za merenje spoljnih mera prema diferencijalnom postupku

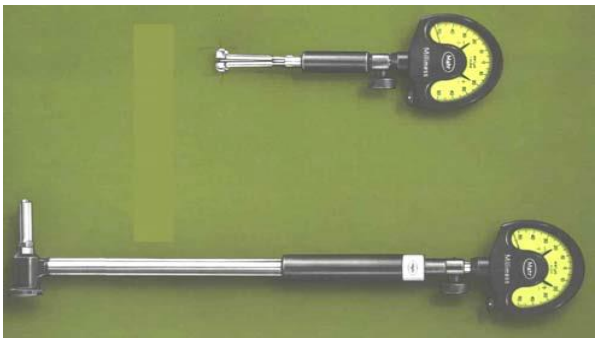
Uporedna mjerila za unutrašnja mjerenja

namijenjena su za merenja cilindričnih otvora i delom predmeta sa planparalelnim površinama otvora. Naime postoji veliki broj tipova merila namijenjenih za poredbena merenja cilindričnih otvora sl.18.0.40.

Izvedbe mjerila su bazirane na konceptima:

- merne glave sa umetnutim konusom ili klinom kao pokretnim sistemom,

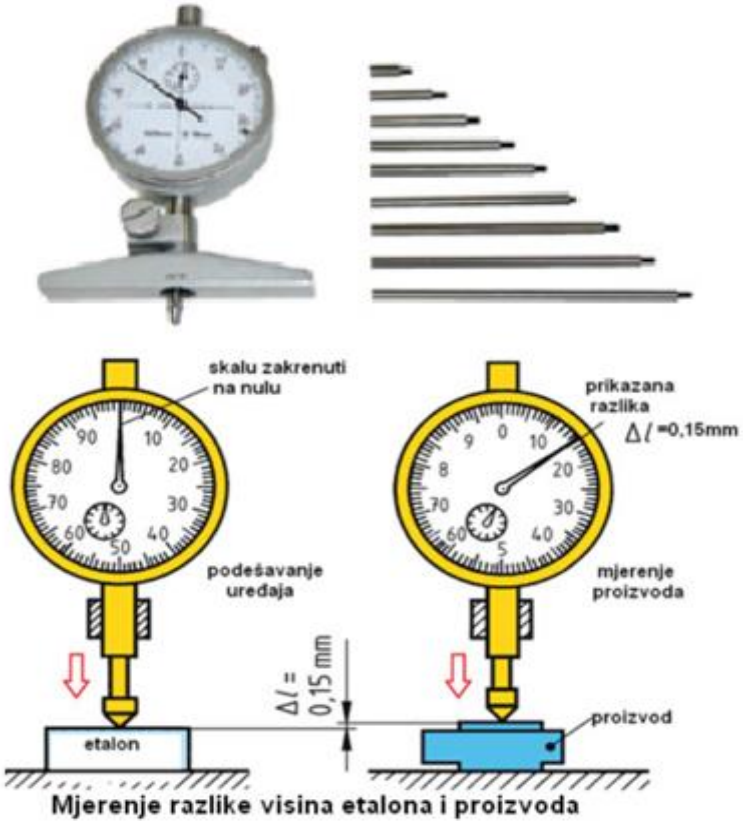
- fiksnog zamenljivog mernog oslonca kao i pokretnog mjernog pipka.



Slika 18.0.40. Izvedbe mjerila za mjerenje cilindričnih otvora

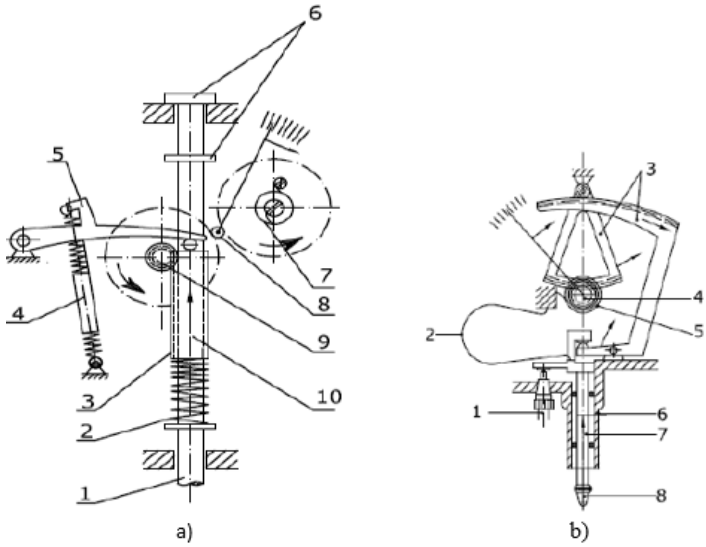
Merni satovi

Zbog svestranih dodatnih mogućnosti i visokog stepena rasprostranjenosti, mehanički merni satovi se ubrajaju u bazne uređaje industrijske tehnike merenja dužina, slika 18.0.41, a princip rada prikazan je na slici 18.0.42. Prve konstrukcije mjernih satova su poznate od 1890 godine.



Slika 18.0.41. Satovi za merenje visine

Princip rada



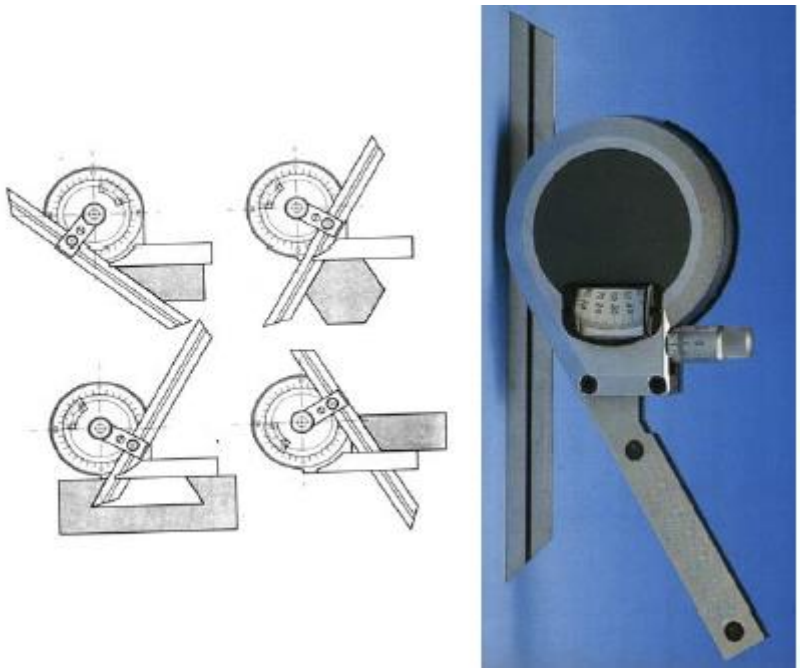
i. b)

*Slika 18.0.42-**a.** Izvedba i način rada mernog sata sa uređajem za zaštitu od udara; 1 merni pipak, 2 opruga, 3 zupčasta letva, 4 opruga, 5 poluga, 6 oslonci, 7 opruga, 8 pokazivač, 9 zupčanik, 10 čaura zupčaste letve*
***b**- Izvedba i način delovanja preciznog mernog sata sa polužno – zupčastim prenosom i zaštitom od udara; 1 podizač, 2 opruga, 3 zupčasti segmenti, 4 pokazivač, 5 opruga, 6 cilindrična drška Ø 8 h6, 7 mjerni pipak, 8 mjerni dodatak*

U pravilu se podešavaju pomoću kombinacije paralelnih graničnih mjerki. Podešavanje nule izvodi se grubim podešavanjem pomakom mjernog sata u držaču i finim podešavanjem okretanjem brojčanika. Pri podešavanju nule treba mali pokazivač stajati na crti 1 mm, tako se mogu pokazati također i negativna odstupanja provjeravane veličine.

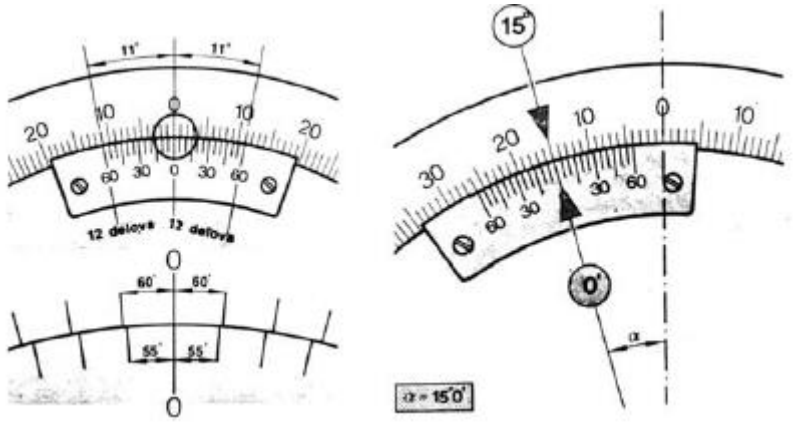
Univerzalni uglomer

Univerzalni uglomer,slika 18.0.43. se koristi za mjerenje uglova koji treba da imaju tačnost manju od jednog stepena. Uglomer ima dvije skale, jednu nepokretnu sa podjelom na 360 stepeni i jednu pokretnu lučnu skalu sa 12 podioka od kojih je svaki po 11 stepeni.



Slika 18.0.43. Univerzalni uglomer i merne mogućnosti

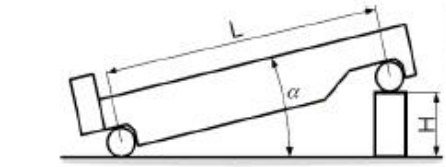
Univerzalni uglomeri mogu imati i dvostruku skalu. Radi lakšeg očitavanja većina uglomjera je opremljena dvostrukim nonijusom, čijih 12 podioka je raspoređeno po luku koji odgovara uglu od 23°, umjesto 11°. U tom slučaju vrijednost svakog podioka odgovara uglu od 115', tj.
23°:12=1380':12=115'. Očitavanje mjerenog ugla je prikazano na slici 18.0.44.



Slika 18.0.44. Skale univerzalnog uglomera

Sinusna prizma za merenje uglova

Za veoma tačna merenja uglova i nagiba se koristi specijalna, precizno izrađena prizma koja se oslanja na dva identična valjka iste preciznosti obrade.slika 18.0.45. Površine sinusne prizme su idealno ravne čime se omogućava tačnost mjerenja do 10".



$$\sin\alpha = \frac{H}{L} = x$$

$$\alpha = \arcsin x$$





Slika 18.0.45. Sinusna prizma

Libela

Libela je precizan mjerni instrument za kontrolu ravnosti, horizontalnosti i vertikalnosti velikih ravnih površina. Libele se prvenstveno koriste za pozicioniranje i za kontrolu ravnosti ravnih površina, na primer kliznih staza koje se postavljaju na alatne mašine, i to kako tokom montaže, tako i pri kontroli.

Libela je izrađena od sivog liva u koji je postavljena jedna staklena ampula, napunjena fluidom tečnim i gasom, u položaj paralelan naslonoj površini libele.

Postoji više vrsta libela.

- Precizna libela za kontrolu i pozicioniranje ravnih vodoravnih površina. Osim glavnog mehura za longitudinalnu kontrolu ima još jedan mehur, postavljen upravno na prethodni koji služi za kontrolu poprečne ravnosti.
- Kvadratna libela oblika rama ima dve ravne i dve prizmatične bočne površine oblika slova V, koji služi za kontrolu horizontalnosti cilindričnih vratila. Ona poseduje dva mehura (jedan za uzdužnu, a jedan za poprečnu kontrolu). Naročito je podesna za kontrolu površina kojima se može prići po vertikali.

Merenje odstupanja od ravnosti se pokazuje prilikom pomeranja mehura iz srednjeg položaja. Vrednost nagiba se ocenjuje, meri na skali. Osetljivost predstavlja najmanju vrednost nagiba ugla koji se kontroliše i koji može da se registruje.

11. Greške i merna nesigurnost u proizvodnim merenjima

Svako merenje, koje je povezano sa proizvodnjom je rezultat procesa sa više ili manje izraženim slučajnim delovanjem koje rezultira greškama u merenju. Greške se javljaju tokom svakog mjerenja, pa i u najpreciznijim merenjima koja se vrše na etalonima.

Vrste grešaka merenja

Osnovne greške koje se javljaju u svim pa i proizvodnim merenjima su:

- Sistematske,
- Slučajne,
- Grube greške (lične greske) .

Sistemske greške se ponašaju prema nekoj zakonitosti, imaju istu veličinu i lako ih možemo uočiti i otkloniti. Ove greške nastaju zbog netačne podele skale mernog instrumenta, uticaja temperature i merne sile na dužinu, greške u izradi i montaži instrumenta i sl. Uzroci sistematskih grešaka su:

- Konstrukcija mernog instrumenta, loša kalibracija,
- Metoda koja se koristi pri merenju,
- Okolina i uticaji okoline,
- Istrošenost mernog sredstva uslijed korištenja i starenja komponenti,
- Deformacije mernog uređaja.

Posljedice pojave sistematskih grešaka su netačni rezultati merenja.
Slučajne greške se javljaju nepredvidivo u toku procesa ponavljanja merenja iste veličine
Uzroci pojave slučajnih grešaka su :

- Nesavršenost mernih sredstava i uređaja,
- Promjenljivost okoline i
- Nestručnost izvršioca merenja.

12. Odnos sistematskih i slučajnih grešaka

Rezultat inženjerskog eksperimenta sadrži uvek neku grešku, koja je sumarna - sastoji se od dva dela, sistematske i slučajne greške. Njihov međusobni odnos zavisi od upotrijebljenih uređaja i uslova u kojima se eksperiment provodi. Kakav je doprinos sistematske a kakav je slučajne

greške ne može se zaključiti samo na osnovu jednog rezultata. Slučajne greške odražavaju se kao rasutost rezultata mjerenja. U nizu merenja iste vrednosti merene veličine dobijaju se različita pokazivanja. Kvantitativna mera rasutosti može se izraziti pomoću standardnog odstupanja.
Slučajne greške na koje teško možemo uticati, jer nemaju neku zakonitost.

Grube greške nastaju u toku ponovljenih merenja i značajno odstupaju od ostalih rezultata mjerenja, tj. **lične greške** koje nastaju nepažnjom kontrolora.
Uzroci pojave grubih grešaka su:

- nepažnja meritelja,
- loša podešenost merila,
- neispravnost merila.

Rezultati koji sadrže grubu grešku se odbacuju, a merenje ponavlja.

13. Apsolutna i relativna greška

Osnovni zadatak u proizvodnim merenjima je utvrđivanje prave vrednosti merene veličine u određenim okolnostima. Međutim, i uz primenu najprikladnijih mernih metoda i najsavremenijih mernih uređaja ipak dolazi do odstupanja između prave-istinite ili željene i izmerene vrijednosti. Apsolutna greška kod pokaznih merila definira se kao razlika između izmerene vrijednosti neke merene veličine **x** na merilu i prave vrednosti merene veličine:
Δx = (izmerena vrednost) – (prava vrednost)
Apsolutna greška merenja neke veličine **x** kod mera definiše se kao razlika naznačene vrednosti mere i njene prave vrednosti:
Δx = (naznačena vrednost) – (prava vrednost)
Pri ocjeni tačnosti merenja naročito je interesantna relativna greška merenja koja predstavlja odnos između apsolutne greške i prave vrednosti merene veličine.
Relativna greška pokaznih merila defiše se kao:

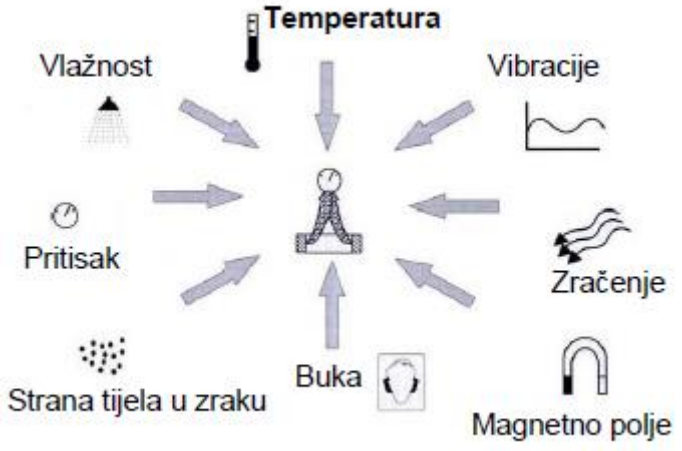
$$\delta_x = \frac{\text{izmjerena vrijednost} - \text{prava vrijednost}}{\text{prava vrijednost}}$$

izmerena vrednost - prava vrednost

14. Uticaj okoline na mernu nesigurnost merenja u proizvodnji

Ambijent u kome se obavlja merenje utiče na objekat merenja, izvršioca

merenja i na mernu opremu kojom se vrši merenje. Okolišni uticaj deluje tako da mijrenja karakteristike mjernog objekta i mjernog sredstva (dužinu, površinu, vlažnost itd.) a operatoru stvara poteškoće u ispravnom postupku vršenja merenja, slika 18.0.46.



Slika 18.0.46. Uticaj okoline na greške merenja

Uticaji okoline mogu se svesti na nekoliko koji najviše utiču na merenja, a to su:

- vibracije podloge,
- zagađenje,
- klima i
- temperatura

:

Laboratorujski uslovi mjerenja:

- temperatura prostorije 20 +/- 1 C
- relativna vlažnost vazduha (30 – 50)%
- buka < 30 dB
- vibracije - nema
- prašina 0,15 mg/m3

Uticaj operatera na pojavu greške merenja

Ljudski faktor je od presudnog uticaja kako kod jednostavnih merenja tako i kod složenih merenja ili merenja koja se obavljaju na sofisticiranoj opremi. Kod jednostavnih merenja izvršilac merenja mora biti

koncentriran da bi se izbegle grube greške prilikom očitavanja kao i paralaksa. Kod tumačenja rezultata merenja potrebno je da izvršilac dobro poznaje proizvodna merenja i probleme koji mogu nastati kao i posljedice neispravnog merenja. Ukoliko izvršilac merenja koristi složenu i opremu koja daje pouzdane podatke on se mora dobro obučiti za rad sa takvim mernim uređajima i sistemima. Takvi izvršioci često moraju imati i bolju i dužu obuku ne samo na konkretnim uređajima nego i generalno moraju znati mnogo više teorijskih osnova o proizvodnim merenjima kao i o informaciono-komunikacionim tehnologijama,
programiranju i sl.

Uticaj mjerne strategije na pojavu grešaka mjerenja

Merna strategija je danas predmet posebnog izučavanja i rezerva za smanjenje grešaka merenja. Oprema koja se koristi za merenje je usavršena, sredstava merenja su usavršena, očitavanja su digitalna pa je i mogućnost uticajaoperatora smanjena. Ipak da se smanje tolerancije u izradi radnog komada, merenja moraju biti pouzdana i greška što manja. To se postiže što boljim izborom merne metode, načinom pričvršćenja komada, izboru merne opreme i dr. Merna strategija i kombinacija više uticaja na mjernu strategiju će i ubuduće imati važnu ulogu u proizvodnim mjerenjima.

Mjerna nesigurnost

Merna nesigurnost je parametar koji se pridružuje rezultatu mjerenja čime se pokazuje rasipanje vrednosti koje bi se mogle pripisati merenoj veličini uz određenu vjerovatnoću.

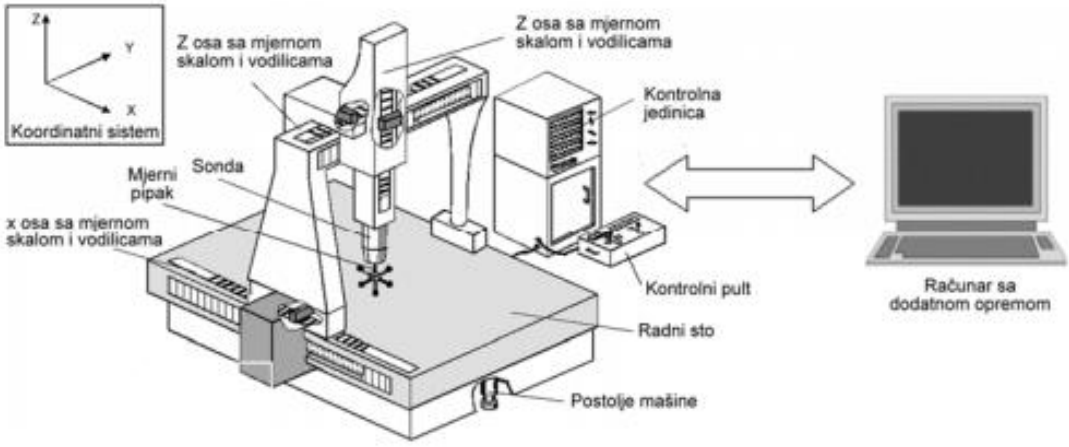
Definicija merne nesigurnosti:

Merna nesigurnost je parametar, vezan za rezultat merenja, koji karakteriše rasipanje vrednosti koje bi sa pravom mogle biti pridružene merenoj veličini, gdje je merena veličina određena veličina podvrgnuta merenju.

18.1. KOORDINATNI MERNI CNC UREĐAJ

Koordinatne merne mašine su moćni merni sistemi. Danas se mnogo koriste u proizvodnim pogonima velikih, ali i malih proizvodnih preduzeća. Merno sredstvo pomoću koga se vrši merenje koordinata u prostoru na površinama radnog komada zove se koordinatna merna mašina (CMM). Pomoću nje je moguće simultano merenje koordinata traka istovremeno u sva tri pravca. Koordinatna mjerna mašina koristi Kartezijev

koordinatni sistem. Uobičajena konstrukcija mašine sastoji se od tri međusobno okomite vođice-ose označene sa **x**, **y, z,** slika 18.1.1. Ose **x, z** i **y** zovu se ram. Obično ram nosi sistem sondi kojim se vrši merenje i koji sadrži senzore. Mašina je postavljena na postolje na kome je i pogon mašine. Prihvatanje radnog komada vrši se na ploči koordinatne merne mašine. Svaka vođica ima svoj pogon i sistem za očitavanje. Koordinatna merna mašina ima ormarić u kome je smještena upravljačka i prilagodna elektronika. Na njemu postoji i pokazivač i upravljački pult s kojeg se koordinira radom mašine. Ram nosi na sebi nosač sa mernom sondom koja može imati jedan ili više dodirivača, o čemu će se kasnije posebno govoriti.



Slika 18.1.1. Dijelovi koordinatne merne mašine

1. Tipovi koordinatnih mašina

Sve koordinatene merne mašine mogu se podeliti na :

- mašine kojima se ručno radi kako sa osama tako i na komadima,
- mašine sa motorizovanim pogonom osa-vođica, a ručnom manipulacijom sa komadima,
- mašine sa motorizovanim pogonom osa i računarski kontrolisanim operacijama (CNC mod).

Postoje i druge kombinacije ali se sve može svesti na ove tri osnovne. Svaka konstrukcija koordinatne mjerne mašine sastoji se od: mehaničkih sklopova, pogona, sistema za mjerenje dužina i sistema proba, kontrolne i izvršne konzole i računara sa perifernim sredstvima za izlaz rezultata merenja.

Zavisno od tipa mašine postoje druga dodatna sredstva kao što su mobilni ili rotirajući stolovi, mehanizmi proba, temperaturni senzori mehanizmi za pričvršćenje. Na slici 18,1.2. prikazani su osnovni tipovi koordinatnih mjernih mašina.

Univerzalni tipovi koordinatnih mernih mašina su:

- stubni tip,
- konzolni tip,
- portalni tip,
- mostni tip.



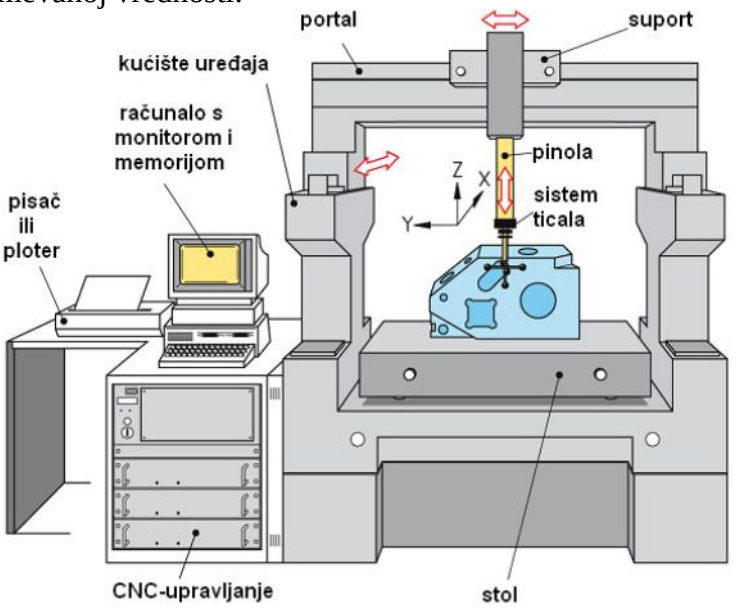
Slika 18.1.1.2. Tipovi koordinatnih mernih mašina.

Razvijen je i poseban tip u kinematskom smislu sličan robotu. Ovakve koordinatne mašine imaju visoko prilagodljiv dizajn i dva sistema merenja. Jedan je sistem merenja uglova, a drugi su 3D merne probe. Ovakve merne mašine imaju jednostavne operacije i male dimanzije. Koriste se za kontrolu dimenzija u proizvodnim pogonima, na linijama za kontrolu oblika, položaja i dimenzija komada kod kojih odstupanja spadaju u mala i srednja.

2. Stubni tip

Namijenjen je za merenje radnih komada dimenzija koje ne prelaze 0,25 m^3. Tačnost stubnih koordinatnih mašina je visoka, jer se kroz krutost i podešavanje osa može postići mala merna nesigurnost od 1μm. Područje primene je u proveri kontrolnih alata i prizmatičnih komada i komada oblika vratila.

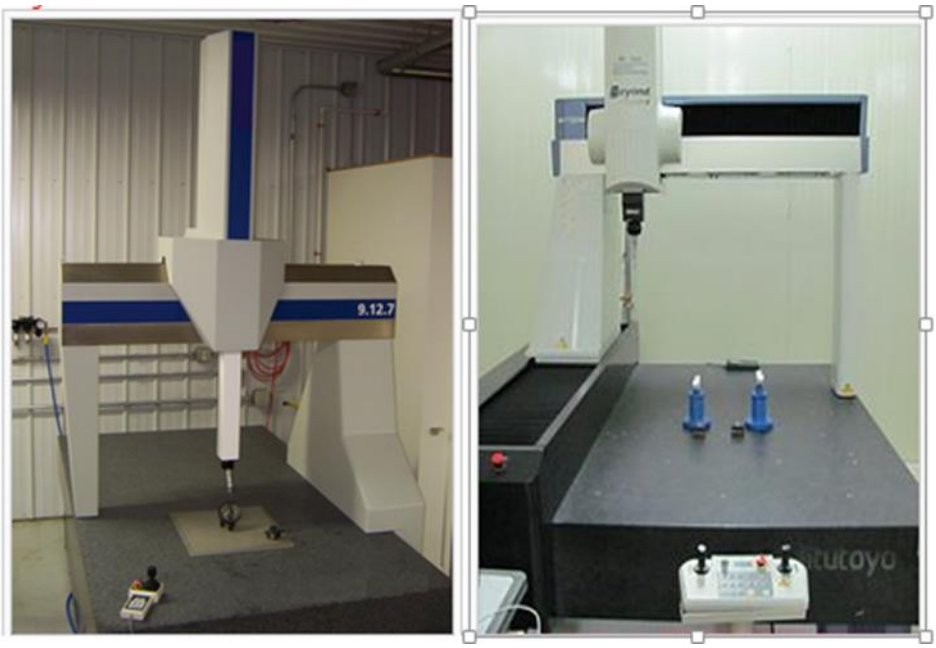
Na slici 18.1,3. prikazana je tipična tromostna "bridge" koordinatna mjerna mašina se sastoji iz tri ose: X, Y i Z. Ove ose su međusobno okomite, u smislu Dekartovog trodimenzionalnog koordinatnog sistema. Svaka osa ima sistem skale koji ukazuje na lokaciju osa. Mašina očitava ulazne podatke prilikom dodirivanja sonde i objekta, po nadzoru operatera ili programera. Mašina zatim koristi X, Y, Z koordinate svake od ovih tačaka da opiše veličinu i poziciju sa mikrometarskom preciznošću, po podrazumevanoj vrednosti.



Slika 18.1.3. Tromostna "bridge" koordinatna mjerna mašina

3. Horizontalni tip

Ovaj tip CMM je najčešće korištena mašina. Danas se proizvodi u različitim varijantama i konstruktivnim rešenjima. Dimenzije mašina se kreću kod nekih tipova od onih sobne veličine do ručnog mernog sredstva. Primenjuje se za kontrolu poluzavršenih radnih komada i proizvoda od lima kao i proveru ulaznih sklopova za vozila, vazduhoplovstvo i konstrukcije za fabrička postrojenja.slika 18.1.4. CMM merne mašine.



Slika 18.1.4. Izgled CMM merne mašine

4. Portalni tip

Jedan od češće korištenih tipova koji pokriva najveći broj dimenzionalno različitih komada koji se mere u proizvodnoj metrologiji. Tipični predstavnik ove grupe mašina ima mogućnost da meri zapreminu od 1 do 2 m^3 . Karakteristika ovog tipa je i velika krutost konstrukcije. Postoje dve varijante:

- nosač probe je mobilan sklop, a radni komad je fiksiran na mernoj ploči,
- merna ploča je mobilna a radni komad se za nju fiksira, dok je nosač nepokretan i vezan sa osnovnom strukturom koordinatne merne mašine.

Područje primene mernih mašina portalnog tipa je za merenje radnih komada i malih i srednjih sklopova mašina i sredstava u konstrukciji vozila. osetljivost na vibracije i mogućnost da ih minimizira što se postiže vibraciono izolacionim ležajevima.

5. Primena kordinatnih CNC mernih uređaja

Na početku devedesetih godina prošlog veka, korištena su koordinatna merna sredstva za verifikaciju dimenzija. Tadašnja konstrukcija mernog sredstva imala je fiksno pero sa kojim se definisala kritična površina na delovima od tankog lima. Takva metrologija se može smatrati konvencionalnom ali je imala i određene prednosti.

- čvrstu konstrukciju za korištenje u radionici,

- jednostavno rukovanje bez posebne obuke,
- fleksibilnost u upotrebi čak i ako se proizvodni sistemi premjeste.

Prednosti su prevladale u odnosu na nedostatke kao što su:

- visoka ulaganja za kupovinu različitih merila koja su se morala kupovati kod bilo koje modifikacije proizvoda ili razvoja novog proizvoda,
- kako su merila bila strogo namjenska, promjene su se mogle napraviti samo preuređenjem tih merila,
- uticaji od strane izvršioca merenja su se unosili i uticali na tačnost i reproduktivnost rezultata,
- mašine su mogle u dosta slučajeva samo da daju ocjenu da li je neki dio dobar ili loš, a ne analitičku ocenu samog merenog komada,
- veći prostorni zahtjevi.

Danas sva automobilska industrija koristi prednosti CMM-a:

- Direktno merenje i poređenje početnih CAD podataka za linijske i površinske modele ali ne duže od onih datih prototip modelima.
- On-line računanje rezultata za statističku analizu i reverse engineering.
- Fleksibilnost po pitanju promjena ogleda se u izmjenama programa,
- Globalna razmjena podataka i mernih programa, Merna tehnika 375
- Izvršenje svih funkcija sa osobljem u radionici,
- Smanjenje troškova sa vremenom korištenja,
- Mogućnost dobivanja podataka statističkog karaktera i visokoinformativnog sadržaja. Poslije dodirivanja radne površine komada centar vrha pera daje izmerenu vrednost odnosno prosljeđuje je u računar za dalje operacije. Izmerena vrijednost aktuelne tačke pripada realnom radnom komadu.

LITERATURA

1. Adamović, Ž., *Tehnologija održavanja,* Tehnički fakultet "M.Pupin", Zrenjanin. 1996.
2. Adamović, Ž., Stefanović S., *Tribologija i podmazivanje mašina,* Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin, Zrenjenin, 2007.
3. Adamović, Ž.: *Mašinski elementi,* Naučna knjiga, Novi Sad, 1999.
4. Adamović, Ž., *Tehnička dijagnostika,* Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1998.
5. Veriga, S.: *Mašinski elementi,* Naučna knjiga, Beograd, 1972.
6. Vuković, V., Adamović, Ž., *Mašinski elementi,* Društvo za tehničku dijagnostiku, Beograd, 2007.
7. Vitas, D., Trbojević M., *Mašinski elementi I, II, III,* Naučna knjiga, Beograd, 1986
8. Glgorić, R.,Milojević, Z., *Tehničko crtanje,* Univerzitet u Novom Sadu, 2004.
9. Dedić A.; *Osnovi mašinstva II-deo*, Naučna knjiga, Beograd, 2008.
10. Davidović, B., Lučanin, V., *Hidrodinamički prenosnici*, Mašinski fakultet, Beograd, 2000.
11. *Inženjerijsko – mašinski priručnik* I, II, III, Zavod za udžbenike, Beograd, 1992.
12. Krsmanović, V., *Kotrljajni ležajevi*, Mašinski fakultet, Beograd, 1988.
13. Milutinović, V., *Mašinski elementi, oblici, proračun i primena,* Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš, 2004.
14. Miltenović, V., *Mašinski elementi sa tablicom*, Mašinski fakultet, Niš, 2001.
15. *Mašinski priručnik I, II, III,* Zavod za udžbenike, Beograd, 1989
16. Navalušić S., Milojević S.; *Osnovi mašinstva-Inženjerske grafičke komunikacije, skripta*, FTN, Novi Sad, 2001.
17. Stefanović, S., Adamović, Ž., Nikolić, D., *Osnovi kostruisanja i projektovanja konstrukcija i mašina,* TEHDIS, Smederevo, 2006.
18. Uzunović-Zaimović, N., *Mjerna tehnika,* Uuniverzitet Zenici, Mašinski fakultet, Zenica, 2006.
19. Cvetković, D., Industrijski inženjering i dizajn, Univerzitet u Singidunumu, Beograd, 2012.

Iz recenzije:

Iz recenzije prof. dr Branka Škorića:

Knjiga „Osnove mašinstva" - 1-izdanje, obuhvata materiju koja se u sažetom obliku izlaže studentima usmerenja Grafičkog inženjeringa i dizajna na Univerzitetu za poslovni inženjering i menadžment u Banjoj Luci, i treba da omogući studentima ubrzano učenje, tj. usvajanje samo onih činjenica koje se daju na predavanjima. Rukopis je pisan jasnim tehničkim stilom. Celokupna materija koju obrađuju autori je izložena vrlo sistematično. Primeri su izabrani vrlo znalački da pokriju sažetu problematiku: Osnove tehničkog crtanja i projiciranja, Mašinskih elment i konstruisanja, Nauke o materijalima i Osnovne tehnike proizvodnog merenja u mašinstvu. Velii broj slika, tablica i matematičkih proračuna doprinosi lakšem razumevanju dosta složenog naučnog stručnog područja određenih nastavnih sadržaja.
Mišljenja sam da će knjiga predstavljati veliku pomoć za studente Grafičkog dizajna, da brže savladaju problematiku iz navedne tehničke oblasti.

Iz recenzije prof. dr Slobodana Navalušića:

Pregledani rukopis predstavlja integralno delo u kojem se obrađuje vrlo kompleksno područje tašinstva. Autori su sebi postavili za cilj: udžbenik treba potpuno demistificiratai pojam o predmetu „Osnove mašinstva", a za studente koji nemaju nikavo predhodno znanje iz Mašinskih elmenta i srodnih disciplina. Prema mom mišljenju u tom su i uspeli, jer su posebno vodili računa o izboru pojedini poglavlja iz pojedinih oblasti tako da rukopis bez poteškoća može pratiti čitalac bez predznanja. Ovom doprinosi enorman broj slikovitih grafičkih crteža i primera za samostaln rad, kojima se čitalac usmerava na najbitnije pojmove obrađene u rukopisu. Isto tako kroz sam tekst rukopisa je prezentovan veliki broj rešenih primera, koji mogu poslužiti kako kao osnovu za bolje razumevanje teoretskih koncepata, tako i za uspešno samostalno rešavanje problema prikazivanja detalja na crtežima i rešavanje proračuna. Konačno ovaj rukopis, knjignja „Osnove mašinstva" poseduje sve potrebne pedagoške kvalitete i visoki teoretski pristup, te u potpunosti ispunjava zahteve naučno-nastavne literature za navedni nastvni predmet.

O prvom autoru:

Dr Veljko Vuković je doc. Tehničkog fakulteta, Univerziteta za poslovni inženjering i menadžment u Banjoj Luci. U okviru delatnosti stalnog zaposlenja u Železnicama Republike Srpske bavi se preko dvadeset godina projektovanjem i održavanjem mašina i postrojenja, kao i razvojem proizvoda primenom savremnih programskih sistema. U okviru istraživačkog rada bavi se problematikom primene savremenih tehničko-tehnoloških metoda i postupaka održavanja kritičnih mašinskih elemenata železničkih vozila: točkova, odbojno-valačne naprave i kočnog sistema. Rukovodi i rukovodio je većim brojem projekata i priznatih tehničkih rešenja u oblasti modernizacije voznih železničkih sredstva. Obajavio je nekolko udžbenika i naučnih publikacija, preko šezdeset stručnih radova, kao određn broj radova u međunarodnim časopisma sa SCI liste.

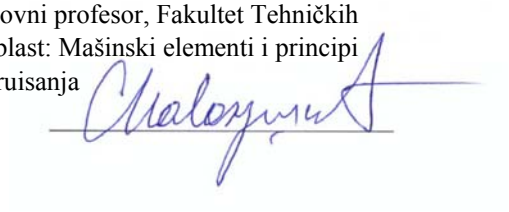
U Novom Sadu, 25.06.2015 god.

Recezenti:

1. Prof. dr Branko Škorić, redovni profesor Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, uža naučna oblast: Inženjerstvo površina, mikro i nano tehnologije,



2. Prof. dr Slobodan Navalušić, redovni profesor, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, uža naučna oblast: Mašinski elementi i principi konstruisanja



CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

621.01(075.8)

ОСНОВЕ машинства
Osnove mašinstva / Veljko Vuković . [et al.]. - 1. izd. - Banja Luka : Univerzitet za poslovni inženjering i menadžment, 2015 (Banja Luka : Point). - 553 str. : ilustr. ; 25 cm. - (Edicija Tehničke nauke -Udžbenici)

Tiraž 150. - Bibliografija: str. 553.

ISBN 978-99955-40-27-2
1. Вуковић, Вељко [аутор] 2. Вуковић, Миљана [аутор] 3. Кнежевић, Иван [аутор] 4. Бојанић, Мирјана [аутор]

COBISS.RS-ID 5463832