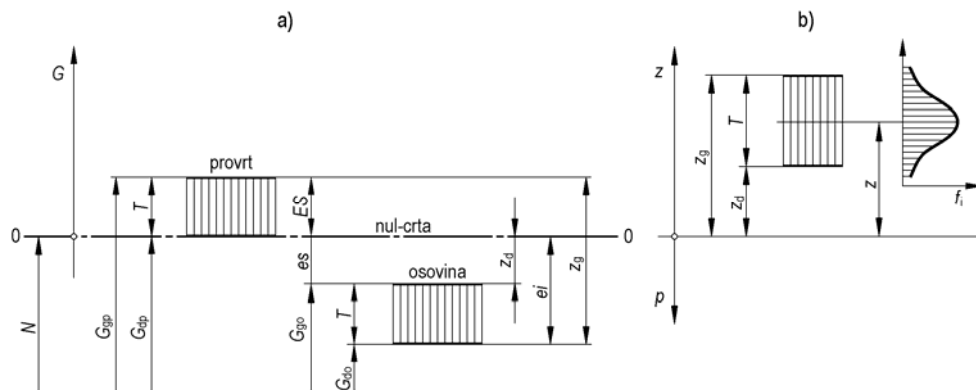


Labavi dosjed. Već je rečeno da se labavi dosjed ostvaruje između dijelova kod kojih je stvarna izmjera provrta veća od stvarne izmjere osovine (slika 4.8.). Razlika između promjera provrta i osovine je pozitivna, odnosno između sklopljenih dijelova postoji zračnost (zazor) veličine $z = G_{dp} - G_{go} > 0$ (slika 4.16.a).

Područje rasipanja zračnosti može se definirati za slučaj da se u razmatranje uključe sve dopuštene veličine promjera provrta između G_{dp} i G_{gp} i promjera osovine između G_{do} i G_{go} . Najveća zračnost bila bi za izbor najvećeg provrta G_{gp} i najmanje osovine G_{do} , odnosno $z_{max} = z_g = G_{dp} - G_{go}$. Najmanja zračnost dobila bi se ako se sklopi dio s najmanjim provrtom G_{dp} i dio s najvećom osovinom G_{go} , odnosno $z_{min} = G_{dp} - G_{go}$. Vidljivo je da će promjenom promjera provrta i osovine od gornjih do donjih vrijednosti, zračnost varirati od z_d do z_g .

Najveća učestalost f_i bit će za sklopove sa srednjim zračnostima $z_{sr} = z = 0,5 \cdot (z_g + z_d)$, jer su najučestaliji srednji promjeri dijelova, dok će granična (najmanja i najveća) zračnost z_d i z_g biti male učestalosti (slika 4.16.b). Kod labavog dosjeda moguća je samo zračnost, a dijelovi u sklopu su međusobno pokretljivi i sklapaju se bez primjene sile.



Slika 4.16. Područje rasipanja zračnosti kod labavog dosjeda

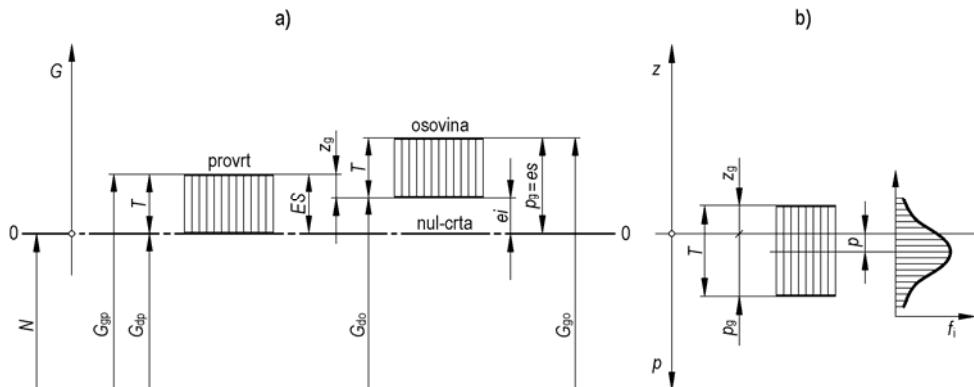
(a - dijagram tolerancijskih polja provrta i osovine i b - dijagram zračnosti tolerancije dosjeda)

Labavost zavisi od veličine izmjere, a kod sličnih konstrukcija i uvjeta rada mora pastojati mogućnost istog odnosa dosjeda za različite promjere. Najvažnije je odabrati srednju vrijednost tolerancije za temperature koje vladaju u pogonskom stanju, pa od slučaja do slučaja ispitati utjecaj maksimalne i minimalne zračnosti. Na izbor labavog dosjeda općenito utječe: točnost vođenja osovine, nosivost spoja, jednoličnost hoda osovine, gubici trenja u spaju, te temperatura u pogonskom stanju i temperatura okoliša pri izradi (temperatura radione). U tablici 4.34. dan je pregled nekoliko primjera za izbor labavih dosjeda (po Niemannu) koji će olakšati izbor u praksi i omogućiti usporedbu sa stvarnim slučajevima pri konstruiranju.

Tablica 4.34. Primjeri primjene labavih dosjeda

SJP	Primjeri primjene labavih dosjeda	SJO
H7 – g6	1) Polupovodljiv dosjed, rastavan s malom zračnošću: - Za uvrstive zupčanike i spojke, ležaje i spojnice, stapove indikatora.	G7 – h6
H7 – f7 H8 – f8	2) Povodljiv dosjed, osjetna zračnošću: - Glavni ležaji radnih strojeva, ležaj koljenaste osovine i stapajice, ležaji regulatora. - Glavni ležaji koljenaste osovine, ležaji stapajice, križna glava u vodilicama, povod stapajice, motka razvodnika, trokratno uležištena osovina, stap i stapni razvodnik u cilindru, ležaji za centrifugalne i zupčaste sisaljke, pomični kolčaci spojki.	F7 – h6 F8 – h8
H7 – e8	3) Polupomičan dosjed, znatna zračnošću: - Za višestruko uležištene osovine	E8 – h6
H7 – d9 H8 – d10 H11 – d11	4) Pomičan dosjed, veća zračnošću: - Za osovine transmisija i pretprega, ležaji za duge osovine kod prenosila i transmisija, jalova remenica i slična kola, ležaji poljodjelačkih strojeva, usredištenje cilindara, dijelovi brtvenica. - Zračnošću za siguran pomak dijelova s velikim tolerancijom: poluga koje se skidaju, svornjaci poluga, ležaji povodnih kola, ručice.	D9 – h6 D10 – h8 D11 – h11
H11 – c11 H11 – b11	5) Poluprostran i prostran dosjed s većom zračnošću za pomak dijelova s velikom tolerancijom: - Svornjak vilice na motki kočnice. - Kod vozila, okretni čepovi, prostrani zaticci.	B11 – h11 A11 – h11
H11 – a11	6) Vrlo prostran dosjed s velikom zračnošću za pomak dijelova s velikom tolerancijom: - Osovina regulatora lokomotiv, ovjesni dijelovi opruga i kočnica, ležaj osovine kočnice, spojni svornjak lokomotive.	C11 – h11

Prijelazni ili neizvjesni dosjed. Već je rečeno da je ovo dosjed koji se nalazi između prisnog (čvrstog) i labavog dosjeda (slika 4.8.). Montažom dijelova, u zavisnosti od odnosa izabranih izmjera osovine i provrta, prijelazni ili neizvjesni dosjed može postati labavi dosjed s malom zračnošću ili prisni dosjed s malim prijeklopom (slika 4.17.a). Najveća zračnošću dobije se za slučaj da je $z_{\max} = z_g = G_{gp} - G_{do} > 0$, a najveći prijeklop nastaje sparivanjem najmanjeg provrta s najvećom osovinom $p_{\max} = p_g = G_{dp} - G_{go} < 0$. Dijagram zračnošću i prijeklopa (slika 4.17.b) obuhvaća nultnu liniju. Najveća učestalost f_i odgovara srednjim vrijednostima između z_g i p_g , a to su vrijednosti bliske nuli.



Slika 4.17. Područje rasipanja zračnošću i prijeklopa kod prijelaznog dosjeda
(a - dijagram tolerancijskih polja provrta i osovine i b - dijagram učestalosti zračnošću i prijeklopa)

Vrijednosti prijelaznih dosjeda kreću se oko nul-linije. Njihov izbor zahtjeva posebnu pozornost i veliko iskustvo da bi se postigao željeni karakter dosjeda. U spoju s poljem H provrta, odnosno poljem h osovine, preporučaju se slijedeći dosjedi:

- h – H za dijelove koji se dobro podmazani jedva mogu ručno pomicati;
- j – J za dijelove koji se češće stavljaju rukom ili lakim pritiskom (ne dolaze u obzir za pomične dijelove u pogonu);
- K – h za dijelove u međusobnom čvrstom spoju koji su rastavljivi bez znatnih sila (za prijenos okretnog momenta potrebno je osiguranje – npr. perom);
- N – h za čvrsto spojene dijelove koji se mogu sastaviti i rastaviti bez znatnih sila;
- N – h (za prijenos okretnog momenta potrebno je osiguranje – npr. perom).

U tablici 4.35. su dani neki primjeri primjene prijelaznih dosjeda.

Tablica 4.35. Primjeri primjene prijelaznih dosjed

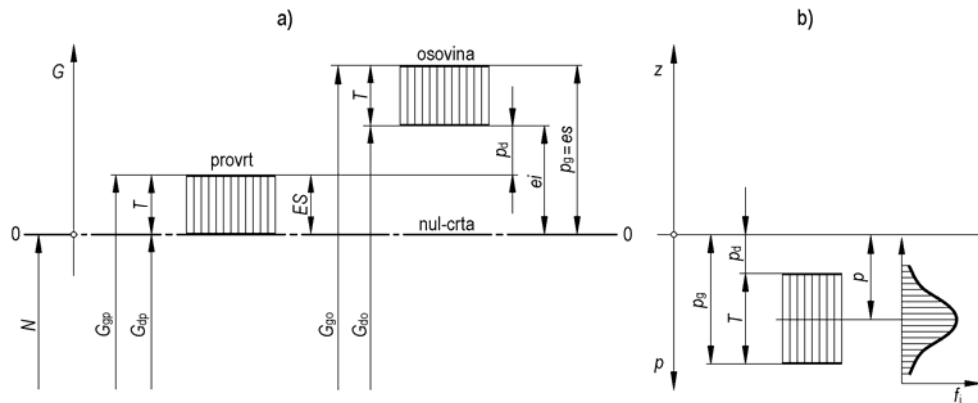
SJP	Primjeri primjene prijelaznih dosjeda	SJO
H7 – h6 H8 – h8 H11 – h11	1) Klizni dosjed, uz podmazivanje pomičan rukom: - Za izmjenjiva kola, pinolu u konjicu, prstene za podešavanje, slobodne tuljke svornjaka stapa, vanjske prstene valjnih ležaja, prirube za usredištenje kod spojki i cijevnih vodova. - Prsteni za podešavanje kod transmisija, jednostrojne čvrste remenice, ručne poluge, zupčanici, spojke i slični dijelovi koji se pomiču na osovinu ili vratilu. - Za lako rastavljive dijelove: dijelove poljodjelačkih strojeva koji su na osovinu pričvršćeni zatikom, vijkom ili perom, rastojni vijci, svornjaci šamira za vrata ložišta.	H7 – h6 H8 – h8 H11 – h11
H7 – j6	2) Pokretni dosjed, rastavljiv drvenim čekićem ili rukom: - Za lako rastavljive remenice, zupčanike, ručna kola, blazinice, vanjske prstene valjnih ležaja i sl.	J7 – h6
H7 – k6	3) Prilegli dosjed, lako rastavljiv ručnim čekićem: - Za jednokratno nabijene remenice, spojke i zupčanike na osovinu od 8 do 50 mm promjera, zamašnjake s tangencijalnim klinovima, unutarnje prstene valjnih ležaja, čvrsta ručna kola i poluge, dosjedne vijke ojnica.	K7 – h6
H7 – m6	4) Stegnuti dosjed, teško rastavljiv ručnim čekićem: - Za jednokratno nabijene remenice, spojke i zupčanike na osovinu od 55 do 120 mm promjera kod strojeva i elektromotora.	M7 – h6
N7 – h6	5) Uglavljeni dosjedi, rastavljiv tlakom: - Za kotve na osovinu motora, ozubljene vijence na kolu, navučena ojačanja na osovinama, blazinice ležaja i glavina.	H7 – n6

Prisni dosjed. Već je rečeno da se prisni ili čvrsti dosjed ostvaruje nasilnim utiskivanjem osovine većeg promjera u provrt manjeg promjera. Razlika promjera osovine i provrta predstavlja prijeklop p . Dakle, prijeklop će postojati ako je gornja granična izmjera provrta G_{gp} manja od donje granične izmjere osovine G_{go} , odnosno ako je $G_{gp} - G_{do} < 0$. Granične vrijednosti dobivaju se sparivanjem najvećih izmjera provrta i osovine (slika 4.8.).

Najveći prijeklop dobije se sparivanjem osovine s najvećim promjerom G_{go} i provrta s najmanjim promjerom G_{dp} , odnosno tada je $p_{max} = p_g = G_{go} - G_{dp}$ (slika 4.18.a). Najmanji prijeklop dobije se sparivanjem osovine s najmanjim promjerom

G_{do} i provrta s najvećim promjerom G_{gp} , odnosno tada je $p_{min} = p_d = G_{do} - G_{gp}$. Stvarni prijeklop se kreće u granicama između p_{max} i p_{min} , po apsolutnim vrijednostima.

Najveća učestalost f_i imaju srednje veličine prijeklopa, dok je učestalost graničnih prijeklopa mala, odnosno ovi prijeklopi se rjeđe pojavljuju (slika 4.18.b).



Slika 4.18. Područje rasipanja prijeklopa kod prisnog dosjeda
(a - dijagram tolerancijskih polja provrta i osovine i b - dijagram prijeklopa tolerancije dosjeda)

Tablica 4.36. Izbor tolerancijskih polja osovine i provrta za prisne dosjede

Kvaliteta	5	6	7	6	7
Osovina	$n \rightarrow x$	$p \rightarrow z$	$p \rightarrow z$	h5	h6
Provrt	H6	H7	H8	$N \rightarrow X$	$P \rightarrow Z$
Sustav	SJP			SJO	

Tablica 4.37. Primjeri primjene prisnih dosjeda

SJP	Primjeri primjene prisnih dosjeda	SJO
H7 - z8, z9 H7 - x8, x9 H7 - u6, u7	1) Prezažeti i čvrsti dosjedi za velike prisnosti, rastavljiv tlakom ili grijanjem: - Za glavine zupčanika, kola i zamašnjaka, prsteni osovine (veća prisnost za veće, a manja za manje promjere - npr. u6)	Z8, Z9 - h6 X8, X9 - h6 U6, U7 - h6
H7 - s6 H7 - r6	2) Zažeti dosjed za srednje prisnosti, rastavljiv grijanjem i tlakom: - Za glavine spojki, vijence od bronce na glavini od lijevanog željeza, blazinice ležaja u kućištu, kolu i ojnici.	S7 - h6 R7 - h6

Smjernice za određivanje prisnih dosjeda moraju se ograničiti samo na red osovine i provrta koji omogućuju konstruktoru da nakon ispitivanja svih okolnosti odabere najpovoljniji dosjed. Računom treba utvrditi pri kojoj se najmanjoj prisnosti sigurno prenosi moment vrtnje, te koja je najveća prisnost dopuštena, a da se ne prekorače dopuštena naprezanja u materijalu strojnog dijela. Kod sličnih konstrukcija i različitih promjera neće moći zadovoljiti isti dosjed, već će za različite promjere biti potrebno prijeći iz jednog u drugi dosjed u svrhu postizanja istog značenja spoja. Na prisni dosjed utječe: debljina stijenki i krutost konstrukcije, duljina glavine, izvedba osovine (šuplja ili puna), stanje obrađenih

površina koje međusobno dolaze u dosjed, pogonska temperatura i vrsta maziva pri utiskivanju. U tablici 4.36. dan je izbor tolerancijskih polja osovine i provrta za prisne dosjede, a u tablici 4.37. dani su primjeri prisnih dosjeda.

Prema HRN M.A1.200 i HRN M.A1.201 prednosti imaju dosjedi navedeni u tablici 4.31. i tablici 4.32. U tablicama 4.38. do 4.41. dani su dosjedi 1. i 2. prioriteta definirani tako da veličina s predznakom “plus” (+) označava zračnost, a veličina s predznakom “minus” (–) označava prijeklop. Tako npr. za nazivnu izmjeru 70 mm:

- za dosjed H8/e8, očitava se +152 i +60, to znači da će u ovom labavom dosjedu najveća zračnost biti 152 μm , a najmanja 60 μm .
- za dosjed H7/s6 očitava se –29 i –78, a to znači da će u ovom prisnom dosjedu najmanji prijeklop biti 29 μm , a najveći prijeklop 78 μm .
- za dosjed H7/j6 očitava se +37 i –12 što znači da će u ovom prijelaznom dosjedu najveća zračnost biti 37 μm , a najveći prijeklop 12 μm .

Tablica 4.38. Zračnosti dosjeda u sustavu jedinstvene osovine (SJO)

N, mm	Zračnosti dosjeda, μm									
	A11 h11	C11 h11	D10 h11	C11 h9	D10 h9	E9 h9	F8 h9	F8 h8	F8 h6	G7 h6
....3	+390 +270	+180 +60	+120 +20	+145 +60	+85 +20	+64 +14	+45 +6	+34 +6	+26 +6	+18 +2
3...6	+420 +270	+220 +70	+153 +30	+175 +70	+108 +30	+80 +20	+58 +10	+46 +10	+36 +10	+24 +4
6...10	+460 +280	+260 +80	+188 +40	+206 +80	+134 +40	+97 +25	+71 +13	+57 +13	+44 +13	+29 +5
10....18	+510 +290	+315 +95	+230 +50	+248 +95	+163 +50	+118 +32	+86 +16	+70 +16	+54 +16	+35 +6
18....30	+560 +300	+370 +110	+279 +65	+292 +110	+201 +65	+144 +40	+105 +20	+86 +20	+66 +20	+41 +7
30....40	+630 +310	+440 +120	+340 +80	+342 +120	+242 +80	+174 +50	+126 +25	+103 +25	+80 +25	+50 +9
40....50	+640 +320	+450 +130	+340 +80	+352 +130	+242 +80	+174 +50	+126 +25	+103 +25	+80 +25	+50 +9
50....65	+720 +340	+520 +140	+410 +100	+404 +140	+294 +100	+208 +60	+159 +30	+122 +30	+95 +30	+59 +10
65....80	+740 +360	+530 +150	+410 +100	+414 +150	+294 +100	+208 +60	+150 +30	+122 +30	+95 +30	+59 +10
80....100	+820 +380	+610 +170	+480 +120	+477 +170	+347 +120	+246 +72	+177 +36	+144 +36	+112 +36	+69 +12
100...120	+850 +410	+620 +180	+480 +120	+487 +180	+347 +120	+246 +72	+177 +36	+144 +36	+112 +36	+69 +12
120...140	+960 +460	+700 +200	+555 +145	+550 +200	+405 +145	+285 +85	+206 +43	+169 +43	+131 +43	+79 +14
140...160	+1020 +520	+710 +210	+555 +145	+560 +210	+405 +145	+285 +85	+206 +43	+169 +43	+131 +43	+79 +14
160...180	+1080 +580	+730 +230	+555 +145	+580 +230	+405 +145	+285 +85	+206 +43	+169 +43	+131 +43	+79 +14
180...200	+1240 +660	+820 +240	+645 +170	+645 +240	+470 +170	+330 +100	+237 +50	+194 +50	+151 +50	+90 +15
200...225	+1320 +740	+840 +260	+645 +170	+665 +260	+470 +170	+330 +100	+237 +50	+194 +50	+151 +50	+90 +15

Tablica 4.38. Zračnosti dosjeda u sustavu jedinstvene osovine (SJO)(nastavak)

N, mm	Zračnosti dosjeda, μm									
	A11 h11	C11 h11	D10 h11	C11 h9	D10 h9	E9 h9	F8 h9	F8 h8	F8 h6	G7 h6
225...250	+1400 +820	+860 +280	+645 +170	+685 +280	+470 +170	+330 +100	+237 +50	+194 +50	+151 +50	+90 +15
250...280	+1560 +920	+940 +300	+720 +190	+750 +300	+530 +190	+370 +110	+267 +56	+218 +56	+169 +56	+101 +17
280...315	+1690 +1050	+970 +330	+720 +190	+780 +330	+530 +190	+370 +110	+267 +56	+218 +56	+169 +56	+101 +17
315...355	+1920 +1200	+1080 +360	+800 +210	+860 +360	+580 +210	+405 +125	+291 +62	+240 +62	+187 +62	+111 +18
355...400	+2070 +1350	+1120 +400	+800 +210	+900 +400	+580 +210	+405 +125	+291 +62	+240 +62	+187 +62	+111 +18
400...450	+2300 +1500	+1240 +440	+880 +230	+995 +440	+635 +230	+445 +135	+320 +68	+262 +68	+205 +68	+123 +20
450...500	+2450 +1650	+1280 +480	+880 +230	+1035 +480	+635 +230	+445 +135	+320 +68	+262 +68	+205 +68	+123 +20

Tablica 4.39. Zračnost dosjeda H/h u sustavu jedinstvene osovine (SJO)

N, mm	Zračnosti dosjeda, μm						
	H11 h11	H11 h9	H9 h11	H9 h9	H8 h9	H8 h8	H7 h6
...3	+120 0	+85 0	+85 0	+50 0	+39 0	+28 0	+16 0
3...6	+150 0	+105 0	+105 0	+60 0	+48 0	+36 0	+20 0
6...10	+180 0	+126 0	+126 0	+72 0	+58 0	+44 0	+24 0
10...18	+220 0	+153 0	+153 0	+86 0	+70 0	+54 0	+29 0
18...30	+260 0	+182 0	+182 0	+104 0	+85 0	+66 0	+34 0
30...50	+320 0	+222 0	+222 0	+124 0	+101 0	+78 0	+41 0
50...80	+380 0	+264 0	+264 0	+148 0	+120 0	+92 0	+49 0
80...120	+440 0	+307 0	+307 0	+174 0	+141 0	+108 0	+57 0
120...180	+500 0	+350 0	+350 0	+200 0	+163 0	+126 0	+65 0
180...250	+580 0	+405 0	+405 0	+230 0	+187 0	+144 0	+75 0
250...315	+640 0	+450 0	+450 0	+260 0	+211 0	+162 0	+84 0
315...400	+720 0	+500 0	+500 0	+280 0	+229 0	+178 0	+93 0
400...500	+800 0	+555 0	+555 0	+310 0	+252 0	+194 0	+103 0

Tablica 4.40. Dosjedi u sustavu jedinstvenog provrta (SJP), μm

N, mm	H6 j6	H6 k6	H7 f7	H7 G6	H7 j6	H7 k6	H7 n6	H7 r6	H7 s6
...3	+8 -4	+6 -6	+26 +6	+18 +2	+12 -4	+10 -6	+6 -10	0 -16	-4 -20
3...6	+10 -6	+7 -9	+34 +10	+24 +4	+14 -6	+11 -9	+4 -16	-3 -23	-7 -27
6...10	+11 -7	+8 -10	+43 +13	+29 +5	+17 -7	+14 -10	+5 -19	-4 -28	-8 -32
10...18	+14 -8	+10 -12	+52 +16	+35 +6	+21 -8	+17 -12	+6 -23	-5 -34	-10 -39
18...30	+17 -9	+11 -15	+62 +20	+41 +7	+25 -9	+19 -15	+6 -28	-7 -41	-14 -48
30...50	+21 -11	+14 -18	+75 +25	+50 +9	+30 -11	+23 -18	+8 -33	-9 -50	-18 -59
50...65	+26 -12	+17 -21	+90 +30	+59 +10	+37 -12	+28 -21	+10 -39	-11 -60	-23 -72
65...80	+26 -12	+17 -21	+90 +30	+59 +10	+37 -12	+28 -21	+10 -39	-13 -62	-29 -78
80...100	+31 -13	+19 -25	+106 +36	+69 +12	+44 -13	+32 -25	+12 -45	-16 -73	-36 -93
100...120	+31 -13	+19 -25	+106 +36	+69 +12	+44 -13	+32 -25	+12 -45	-19 -76	-44 -101
120...140	+36 -14	+22 -28	+123 +43	+79 +14	+51 -14	+37 -28	+13 -52	-23 -88	-52 -117
140...160	+36 -14	+22 -28	+123 +43	+79 +14	+51 -14	+37 -28	+13 -52	-25 -90	-60 -125
160...180	+36 -14	+22 -28	+123 +43	+79 +14	+51 -14	+37 -28	+13 -52	-28 -93	-68 -133
180...200	+42 -16	+25 -33	+142 +50	+90 +15	+59 -16	+42 -33	+15 -60	-31 -106	-76 -151
200...225	+42 -16	+25 -33	+142 +50	+90 +15	+59 -16	+42 -33	+15 -60	-34 -109	-84 -159
225...250	+42 -16	+25 -33	+142 +50	+90 +15	+59 -16	+42 -33	+15 -60	-38 -113	-94 -169
250...280	+48 -16	+28 -36	+160 +56	+101 +17	+68 -16	+48 -36	+18 -66	-42 -126	-106 -190
280...315	+48 -16	+28 -36	+160 +56	+101 +17	+68 -16	+48 -36	+18 -66	-46 -130	-118 -202
315...355	+54 -18	+32 -40	+176 +62	+111 +18	+75 -18	+53 -40	+20 -73	-51 -144	-133 -226
355...400	+54 -18	+32 -40	+176 +62	+111 +18	+75 -18	+53 -40	+20 -73	-57 -150	-151 -244
400...450	+60 -20	+35 -45	+194 +68	+123 +20	+83 -20	+58 -45	+23 -80	-63 -166	-169 -272
450...500	+60 -20	+35 -45	+194 +68	+123 +20	+83 -20	+48 -56	+23 -80	-69 -172	-189 -292

Tablica 4.41. Dosjedi u sustavu jedinstvenog provrta (SJP), μm

N, mm	H11 a11	H11 c11	H11 d9	H9 c11	H8 D9	H8 e8	H8 f7	H8 u8	H8 x8
...3	+390 +270	+180 +60	+105 +20	+145 +60	+59 +20	+42 +14	+30 +6		-6 -34
3...6	+420 +270	+220 +70	+135 +30	+175 +70	+78 +30	+56 +20	+40 +10		-10 -46

Tablica 4.41. Dosjedi u sustavu jedinstvenog provrta (SJP), μm (nastavak)

N, mm	H11 a11	H11 c11	H11 d9	H9 c11	H8 D9	H8 e8	H8 f7	H8 u8	H8 x8
6...10	+460 +280	+260 +80	+166 +40	+206 +80	+98 +40	+69 +25	+50 +13		-12 -56
10...14	+510 +290	+315 +95	+203 +50	+248 +95	+120 +50	+86 +32	+61 +16		-13 -67
14...18	+510 +290	+315 +95	+203 +50	+248 +95	+120 +50	+86 +32	+61 +16		-18 -72
18...24	+560 +300	+370 +110	+247 +65	+292 +110	+150 +65	+106 +40	+74 +20		-21 -87
24...30	+560 +300	+370 +110	+247 +65	+292 +110	+150 +65	+106 +40	+74 +20	-15 -81	-31 -97
30...40	+630 +310	+440 +120	+302 +80	+342 +120	+181 +80	+128 +50	+89 +25	-21 -99	-41 -119
40...50	+640 +320	+450 +130	+302 +80	+352 +130	+181 +80	+128 +50	+89 +25	-31 -109	-58 -136
50...65	+720 +340	+520 +140	+364 +100	+404 +140	+220 +100	+152 +60	+106 +30	-41 -133	-76 -168
65...80	+740 +360	+530 +150	+364 +100	+414 +150	+220 +100	+152 +60	+106 +30	-56 -148	-100 -192
80...100	+820 +380	+610 +170	+427 +120	+477 +170	+261 +120	+180 +72	+125 +36	-70 -178	-124 -232
100...120	+850 +410	+620 +180	+427 +120	+487 +180	+261 +120	+180 +72	+125 +36	-90 -198	-156 -264
120...140	+960 +460	+700 +200	+495 +145	+550 +200	+308 +145	+211 +85	+146 +43	-107 -233	-185 -311
140...160	+1020 +520	+710 +210	+495 +145	+560 +210	+308 +145	+211 +85	+146 +43	-127 -253	-217 -343
160...180	+1080 +580	+730 +230	+495 +145	+580 +230	+308 +145	+211 +85	+146 +43	-147 -273	-247 -373
180...200	+1240 +660	+820 +240	+575 +170	+645 +240	+357 +170	+244 +100	+168 +50	-164 -308	-278 -422
200...225	+1320 +740	+840 +260	+575 +170	+665 +260	+357 +170	+244 +100	+168 +50	-186 -330	-313 -457
225...250	+1400 +820	+860 +280	+575 +170	+685 +280	+357 +170	+244 +100	+168 +50	-212 -356	-353 -497
250...280	+1560 +920	+940 +300	+640 +190	+750 +300	+401 +190	+272 +110	+189 +56	-234 -396	-394 -556
280...315	+1690 +1050	+970 +330	+640 +190	+780 +330	+401 +190	+272 +110	+189 +56	-269 -431	-444 -606
315...355	+1920 +1200	+1080 +360	+710 +210	+860 +360	+439 +210	+303 +125	+208 +62	-301 -479	-501 -679
355...400	+2070 +1350	+1120 +400	+710 +210	+900 +400	+439 +210	+303 +125	+208 +62	-346 -520	
400...450	+2300 +1500	+1240 +440	+785 +230	+995 +440	+482 +230	+329 +135	+228 +68	-393 -587	
450...500	+2450 +1650	+1280 +480	+785 +230	+1035 +480	+482 +230	+329 +135	+228 +68	-443 -637	

Kod određivanja dosjeda uglavnom se propisuju iste kvalitete tolerancija vanjskih i unutarnjih izmjera ili se za toleranciju unutarnje izmjere (provrta) propisuje nešto grublja kvaliteta od kvalitete tolerancije vanjske izmjere (osovine). Ovo je posebno značajno kod izbora finije kvalitete s obzirom na veće troškove precizne obrade unutarnjih izmjera. Kod izbora prijelaznih dosjeda prednost treba

dati finijim kvalitetama jer grublje kvalitete mogu u ekstremnim slučajevima dati vrlo prisne ili vrlo labave dosjede na istoj razini ostvarivanja spoja.

Dobra konstrukcijska rješenja često omogućavaju da se primijeni tolerancija grubljih kvaliteta. Tako se na primjer izbjegavaju statički neodređeni sustavi rješenjem da se ploča oslanja na tri umjesto na četiri točke. Također se konstrukcijski može predvidjeti mogućnost podešavanja zračnosti, kako prilikom montaže tako i nakon istrošenja. Izbjegavanje veoma uskih tolerancija i smanjenje broja neispravnih dijelova moguće je sortiranjem izradaka prilikom završne kontrole i izborom (sparivanjem) kod montaže. Ovo se u prvom redu odnosi na dijelove valjnih ležaja.

Uske tolerancije dosjeda mogu se ostvariti i sa širim tolerancijskim poljima (manje preciznom izradom) tako da se odstupi od opće međusobne zamjenjivosti dijelova i dosjed ostvari izborno kod sklapanja. Šire tolerancijsko polje podijeli se na nekoliko skupina i tada izvrši klasificiranje u razrede. Kod sklapanja kombiniraju se odgovarajući razredi koji će dati željenu toleranciju dosjeda.

Razlikuje se klasificiranje oba dijela u sklopu i klasificiranje samo jednog dijela u sklopu. Uglavnom se izabire dio s unutarjom izmjerom, dok se dio s vanjskom izmjerom izrađuje s dovoljno uskom tolerancijom.

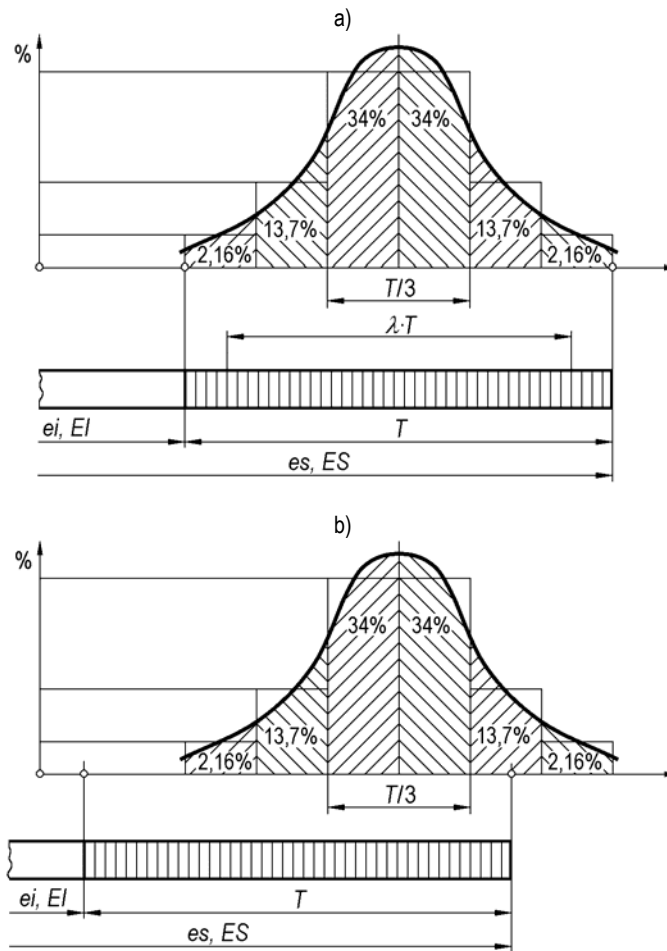
Pozornost treba obratiti na radnu temperaturu izabranog dosjeda. Sve tolerancije koje propisuje ISO sustav odnose se na sobnu temperaturu koja iznosi 20°C. Izrađeni dijelovi i mjerke moraju na sobnoj temperaturi imati izmjere sukladne propisanim vrijednostima. Međutim, mnogi dijelovi strojeva, aparata i uređaja rade na temperaturama koje se u određenoj mjeri razlikuju od sobne, što uvjetuje promjenu izmjera i tolerancija, odnosno dosjeda, u odnosu na one kod 20°C (vidjeti točku 4.8.).

4.6. Učestalost stvarnih izmjera i dosjeda

Izradom većeg broja komada jednakih strojnih dijelova, nije moguće dobiti ih s jednakom stvarnom izmjerom bez obzira što se radi o određenoj toleriranoj izmjeri. Različiti faktori utjecaja dovode do toga da se stvarne izmjere jednakih dijelova razlikuju. Neke od ovih izmjera nalazit će se između donje i gornje granične izmjere i tada će to biti ispravno izrađeni strojni dijelovi, a neke će biti izvan graničnih izmjera pa će to biti neispravni izradci. Dio neispravnih izradaka koji se mogu naknadnom doradom svesti na izmjeru definiranu između gornje i donje granične izmjere dovest će se u skupinu ispravnih izradaka, dok će ostali dio neispravnih izradaka biti neupotrebljiv i odbačen kao škart.

U znatnom broju slučajeva važno je ocijeniti s kojom vjerojatnosti se mogu očekivati ostvarivanja pojedinih stvarnih izmjera. Ovo je značajno kod dosjeda, gdje se kombiniraju stvarne izmjere dva dijela istih nazivnih izmjera ili gdje se veći broj jednakih dijelova montira s drugim elementima u jedinstvenu cjelinu (npr. kuglice, valjci i slični valjni elementi kod valjnih ležaja). Varijacija stvarnih

izmjera većeg broja izradaka može nastati kao posljedica sustavnih ili slučajnih odstupanja.



Slika 4.19. Učestalost stvarnih izmjera (a - najveći broj izradaka sa srednjim vrijednostima stvarne izmjere i b - najveći broj izradaka sa stvarnim izmjerama u blizini gornje granične izmjere, tj. pojava sustavnog odstupanja)

Slučajna odstupanja izradaka od zadane izmjere nastaju kao posljedica slučajnih uzroka kao što su greške u materijalu, slučajni potresi i vibracije radnog stroja, netočnost mjerenja i drugo. Tijekom izrade nije moguće izbjeći sva slučajna odstupanja.

Sustavna odstupanja pokazuju određenu pravilnost u rasipanju ostvarenih mjernih veličine i mogu biti stalna ili promjenljiva. Stalna sustavna odstupanja su približno jednaka za sve izradke, a nastaju uslijed pogrešno odabranog stroja za izradu ili uslijed greške stroja i alata. Promjenljiva odstupanja mijenjaju se u

zavisnosti od toka procesa obrade i ponavljaju se periodično (zagrijavanja ili hlađenja strojnih dijelova i alata i slično). Sustavna odstupanja mogu se relativno lako otkloniti uklanjanjem uzroka, nakon što se postojanje i veličina ovih odstupanja utvrde i definiraju kontrolom izradaka.

Slučajna se odstupanja mogu definirati jedino statističkom obradom rezultata mjerenja većeg broja istih elemenata izrađenih pod jednakim uvjetima. Kao i kod ostalih statističkih metoda i u ovom slučaju, dobri zaključci mogu se izvoditi na temelju dovoljno velikog broja izradaka. Potrebno je klasificirati izradke (uzorke) i svrstati ih po veličini. Brojanjem dijelova s jednakim stvarnim izmjerama može se izračunati njihova učestalost u ukupnom broju ispitivanih uzoraka i nacrtati dijagram zavisnosti ove učestalosti od veličine stvarne izmjere (stvarnog odstupanja).

U slučajevima kada je obuhvaćen dosta velik broj uzoraka, ako je proizvodnja ustaljena a sustavna odstupanja isključena (ako ni jedan od utjecajnih faktora ne dominira nad ostalima), može se očekivati da najveći broj izradaka ima stvarne izmjere približno na sredini između gornje i donje granične izmjere i da je broj neispravnih izradaka najmanji. Nagomilavanje brojeva ispitivanih komada u blizini jedne ili druge granične izmjere ukazuje na postojanje sustavne greške (jedan od utjecajnih faktora je prevladao).

Učestalost dijelova jednakih stvarnih izmjera dobro se poklapa s krivuljom normalne raspodjele po Gaussu, kako je pokazano na slici 4.19. Vjerojatnost dobivanja stvarnih izmjera u određenom području tolerancijskog polja određena je površinom ispod Gaussove krivulje u ovom području.

Statistička ispitivanja su pokazala da uz primjenu postupaka i odgovarajućih strojeva u ustaljenoj proizvodnji (uz svodenje sustavnih odstupanja na najmanju izmjeru) tolerancijsko polje visine T pokriva područje Gaussove krivulje koja obuhvaća 99,73 % od ukupnog broja ispitanih izradaka. Na osnovu toga može se iz Gaussove krivulje izračunati vjerojatnost dobivanja stvarnih izmjera u području bilo kojeg određenog sredine polja tolerancije prema tablici 4.38.

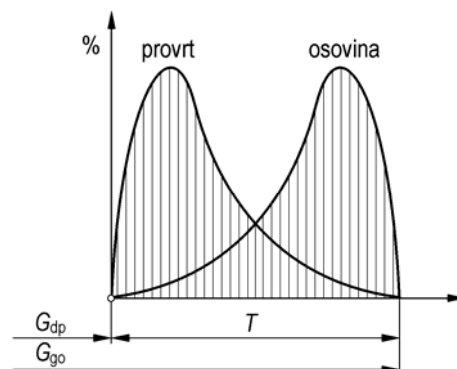
Ako se posmatra srednje područje tolerancijskog polja visine $T' = \lambda \cdot T$ gdje je $\lambda = 0 \dots 1$, vjerojatnost izrade dijelova sa stvarnim izmjerama izvan ovog polja tolerancije w dana je u tablici 4.38. Tako na primjer ako se proizvede 100000 komada, pod naprijed navedenim uvjetima uobičajene proizvodnje, može se očekivati da će svega oko 270 izradaka imati stvarne izmjere izvan propisanog tolerancijskog polja; da će izvan srednjeg dijela tolerancijskog polja visine $T' = 0,9 \cdot T$ naći će se svega 700 izradaka; da će se 4560 izradaka naći izvan srednjeg dijela tolerancijskog polja visine $T' = 0,667 \cdot T$ i tako redom.

Analiza vjerojatnosti postizanja određenog zračnosti ili prijeklopa pri zadanom dosjedu može se izvršiti pomoću dijagrama raspodjele stvarnih izmjera provrta i odgovarajuće osovine. S obzirom da se jedan određeni zračnost ili prijeklop mogu ostvariti kombiniranjem više nizova različitih stvarnih vanjskih (osovina) i unutarnjih (provрта) izmjera, opravdana su očekivanja mnogo većih nagomilavanja broja sklopova sa srednjom zračnosti ili srednjim prijeklopom.

Vjerojatnost ostvarivanja dosjeda sa zračnosti ili prijeklopom w_n čija je veličina izvan određenog srednjeg područja tolerancije dosjeda $T'_n = \lambda_o \cdot T_o + \lambda_r \cdot T_r$ jednaka je umnošku vjerojatnosti ostvarenja vanjskih izmjera, odnosno osovine, w_o i unutarnje izmjere odnosno provrta w_r izvan njihovih srednjih vrijednosti tolerancijskog polja, odnosno $w_n = w_o \cdot w_r$. U tablici 4.38. navedene su izračunate vrijednosti $w_n = w^2$, koje odgovaraju istim vjerojatnostima vanjske i unutarnje izmjere ($w_o = w_r$).

Tablica 4.38. Vjerojatnost dobivanja stvarnih izmjera w i stvarnih zračnosti, odnosno prijeklopa w^2 izvan sredine polja tolerancije $\lambda \cdot T$

λ	w	w^2
1	0,0027	0,000007
0,95	0,0044	0,000019
0,90	0,0070	0,000049
0,85	0,0107	0,000114
0,80	0,0164	0,00027
0,75	0,0244	0,00059
0,70	0,0358	0,00127
0,667	0,0456	0,00208
0,60	0,0718	0,00517
0,55	0,0990	0,00980
0,50	0,1336	0,01783
0,33	0,3200	0,1024



Slika 4.20. Učestalosti stvarnih izmjera u pojedinačnoj proizvodnji za provrt i osovinu

Npr. za 100000 sklopova, vjerojatnost dobivanja tolerancije dosjeda izvan srednjeg područja tolerancije dosjeda (uz vjerojatnost ostvarivanja $\lambda = 0,9$) za $w_n = w^2 = 0,000049$ je svega 5 sklopova. Vjerojatnost kombiniranja sklopova dijelova koji daju ekstremne zračnosti ili prijeklope, vrlo je mala, odnosno velika je vjerojatnost da se, pod normalnim uvjetima proizvodnje, dobije dosjed koji odgovara srednjoj vrijednosti zračnosti ili prijeklopa. Zato se u analizama dosjeda najčešće računa sa srednjim vrijednostima zračnosti odnosno prijeklopa, a za preciznije proračune može se računati sa srednjim područjem tolerancijskih polja

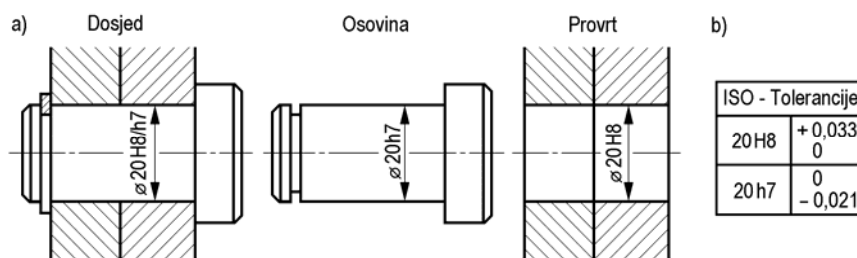
($\lambda = 0,9 \dots 0,5$). Sklopovi s ekstremnim vrijednostima zračnosti ili prijeklopa pri montaži se mogu odbaciti.

Zakon normalne raspodjele odgovara velikoserijskoj proizvodnji s točno propisanim i vođenim tehnološkim postupkom. U maloserijskoj proizvodnji nastaju znatna odstupanja od ovog zakona (zbog malog broja komada i zbog specifičnog procesa obrade). U pojedinačnoj proizvodnji ova odstupanja od zakona normalne raspodjele su mnogo veća, sasvim su drugog karaktera. Iz više razloga vezanih za pojedinačnu izradu (obradu), ostvaruju se izmjere u blizini dobre (nazivne) izmjere. Tako se središta grupiranja (krivulja raspodjele) pomjeraju prema dobrim izmjerama s čime se mogućnost ostvarenja ekstremnih zračnosti i prijeklopa povećava (slika 4.20.).

U masovnoj proizvodnji, kao posljedica promjenljivih sustavnih odstupanja može se periodično pojaviti asimetrija raspodjele stvarnih izmjera. U ovome značajan utjecaj ima zamjena alata ili njegovo povremeno oštrenje, te podešavanje stroja. Automatsko podešavanje stroja i zamjena alata u velikoj mjeri isključuju ovaj negativan utjecaj.

4.7. Označavanje tolerancija duljinskih izmjera na tehničkim crežima

Slika 4.21. prikazuje način označavanja tolerancija duljinskih izmjera na tehničkim crtežima za dosjed, osovinu i provrt (a). U dijelu tehničkog crteža gdje se nalazi zaglavlje, nalazi se tablica [ISO-Tol.(erancije)] u kojoj su dane izračunate vrijednosti tolerancija (gornja i donja odmjera) u milimetrima.



Slika 4.21. Način označavanja tolerancija duljinskih izmjera na tehničkim crtežima

Oznaku tolerancije duljinske izmjere čini kombinacija simbola koji određuju položaj i veličinu tolerancijskog polja. Na primjer oznaku $\varnothing 40H7$ ili $\varnothing 40g6$ čine nazivne izmjere tih oznaka $\varnothing 40$, položaj tolerancijskog polja **H** za provrt, odnosno **g** za osovinu i kvalitet tolerancije IT7, odnosno IT6.

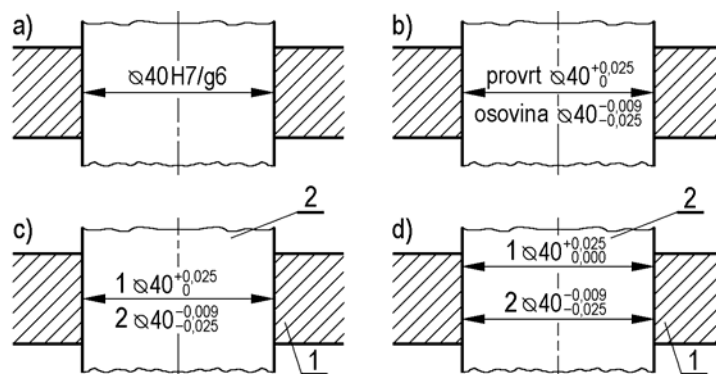
Na osnovu nazivne izmjere i oznake položaja tolerancijskog polja **H**, odnosno polja **g**, određuje se jedno od graničnih odstupanja (slika 4.8. i slika 4.10.). Dodavanjem veličine tolerancije T, određuje se drugo granično odstupanje. Oba ova odstupanja (gornje i donje) za izabrana tolerancijska polja i za izabrane kvalitete tolerancija daju se tabelarno, čime je postupak određivanja graničnih

odstupanja pojednostavljen. Prema ISO sustavu izmjere s tolerancijama označavaju se na crtežima kako je prethodno navedeno za $\varnothing 40H7$ i $\varnothing 40g6$ i to tako da se ova oznaka upisuje na sredini kotne crte. Oznaka tolerancije (H7, g6 i slično) koja se upisuje iza kotnog broja ima istu visinu kao i kotni broj.

Prema DIN 406 dopuštena odstupanja izmjera (slika 4.22.) mogu se upisivati direktno u milimetrima (mm), uz sljedeća pravila:

- odstupanje u milimetrima se upisuje iza kotnog broja, s brojkama umanjenim za približno 30 % u odnosu na visinu kotnog broja;
- gornje odstupanje (neovisno o predznaku) upisuje se kao eksponent, a donje odstupanje (neovisno o predznaku) upisuje se kao indeks;
- odstupanje nula (0) može se upisati ali i ne mora;
- ako je gornje i donje odstupanje po iznosu jednako ali suprotnog predznaka, upisuju se na sredini visine kotnog broja, s oba predznaka jedan ispod drugog (\pm).

Prema ISO sustavu dosjedi se na crtežima označavaju tako da se iza kotnog broja upisuju oznake tolerancije provrta i osovine: $\varnothing 40H7/g6$ (slika 4.22.a). Pored ovog načina postoje jo tri mogućnosti označavanja dosjeda na tehničkim crtežima.



Slika 4.22. Označavanje tolerancija i dosjeda na crtežima

Kod prvog načina se ispred kotnog broja upisuje riječ "provrta" ili "osovina", a iza kotnog broja upisuju se dopuštena odstupanja u mm (slika 4.22.b).

Kod drugog načina ispred kotnog broja upisuje se pozicijski broj dijela s provrtom i osovine, a iza njih odstupanja u mm. Pozicija 1 odnosi se na dio s provrtom, a pozicija 2 odnosi se na osovinu (slika 4.22.c).

Kod trećeg načina se umjesto jedne kotne crte (mjernice) mogu koristiti dvije (jedna za provrt npr. poziciju 1, i jedna za osovinu npr. poziciju 2). Dopuštena odstupanja upisuju se iza kotnih brojeva, gornje odstupanje u razini eksponenta, a donje odstupanje u razini indeksa (slika 4.22.d).

Izbor izmjera koje se unose u crtež i način njihovog unošenja u crtež u jasnoj je vezi s izborom tolerancija duljinskih izmjera, pri čemu treba uzeti u obzir

funkciju dijela, način izrade, mjerenje, kontrole i način sklapanja (slika 4.7.).

Na sklopnom, montažnom ili dispozicijskom crtežu daju se izmjere koje su nužne za pravilno sklapanje, kad je to potrebno, s odgovarajućim tolerancijama međusobnog položaja pojedinih ploha.

Na radioničkom ili detaljnom crtežu treba razlikovati:

- funkcijske izmjere (koje su u vezi s kinematskom shemom stroja, kao i izmjere važne za čvrstoću i krutost elementa),
- montažne izmjere (važne za sklapanje dijelova, odnosno elemenata),
- tehnološke izmjere (važne za učvršćivanje dijela na stroju za obradu) i
- slobodne izmjere, a to su sve ostale izmjere koje nemaju posebni značaj s obzirom na funkciju, montažu i obradu.

Za koje od navedenih izmjera treba definirati tolerancije ovisi o broju izradaka i mogućnosti njihove izrade i kontrole, ali i o veličini tolerancije slobodnih izmjera. Sustav tolerancija igra posebno važnu ulogu u serijskoj proizvodnji dijelova koji se mogu međusobno mijenjati. Kod pojedinačne proizvodnje ili proizvodnje manjeg broja komada potrebno je analizirati opravdanost propisivanja tolerancija. Ovo se posebno odnosi na pojedinačne proizvode većih dimenzija koji se izrađuju samo po jedan komad. U ovim slučajevima nije uvijek od posebne važnosti da svaki pojedini dio ima određene tolerancije, važno je jedino definirati toleranciju dosjeda.

Način unošenja duljinskih izmjera u crtež prikazan je u poglavlju o pravilima kotiranja (poglavlje 9.).

Duljinske izmjere za koje su propisane tolerancije kontroliraju se pokaznim i čvrstim mjerkama. Pokazne mjerke se za vrijeme mjerenja mijenjaju i na odgovarajućoj skali pokazuju stvarnu izmjeru predmeta, a čvrste mjerke sadrže jednu ili više stalnih izmjera koje se za vrijeme mjerenja ne mijenjaju.

Granične mjerke su čvrsta mjerke koje sadrže dvije granične izmjere između kojih mora ležati dimenzija ispravno izrađenog mjenog predmeta. Ova mjerke predstavljaju materijalizaciju graničnih izmjera. Mjerenje graničnim mjerkama svodi se na usporedbu izmjera predmeta s graničnim izmjerama. Jedan dio ili mjerni element mjerke provjerava da mjerena dimenzija nije veća od gornje granične izmjere predmeta, a drugi mjerni element mjerke provjerava da mjerena dimenzija nije manja od donje granične izmjere. Granične mjerke su dobro primjenljive za serijsku proizvodnju, a za pojedinačnu proizvodnju koriste se pokazne mjerke. Granične mjerke i njihove tolerancije definirane su po normama HRN M.A1.300.....346, koje su usklađene s ISO normama.

4.9. Tolerancije oblika i položaja (geometrijske tolerancije)

U svrhu osiguranja kvalitete proizvoda, nije dovoljno definirati samo tolerancije duljinskih izmjera. Potrebno je unutar granica tolerancija spriječiti i

druge promjene koje se odražavaju na točnost geometrije strojnog dijela. Općenito (prema ISO 1101) se ove tolerancije zovu geometrijske tolerancije, odnosno tolerancije oblika i položaja. Prema karakteristikama koje se toleriraju i načinu na koji se definiraju, tolerirana područja mogu biti:

- površina unutar kruga,
- površina između dva koncentrična kruga,
- površina između dvije ekvidistantne crte ili dva paralelna pravca,
- prostor unutar cilindra,
- prostor između dva koaksijalna cilindra,
- prostor između dvije ekvidistantne ravnine ili dvije paralelne ravnine, i
- prostor unutar paraleloipeda.

Tablica 4.40. Osnovni simboli toleriranih značajki

Vrste tolerancija		Tolerirana značajka	Simbol	
← Skupne tolerancije →	← Pojedinačne tolerancije →	Za oblik	Pravost	—
			Ravnost	
			Kružnost	
			Cilindričnost	
			Oblik linije	
			Oblik plohe	
	← Tolerancije za položaj →	Pravac (orientacija)	Paralelnost	//
			Okomitost	
			Kut (nagib)	
		Mjesto (položaj)	Položaj (pozicija)	
			Koncentričnost i koaksijalnost	
			Simetričnost	
Točnost vrtnje	Kružnost vrtnje			
	Ravnost i kružnost vrtnje			

U tablici 4.40. dani su osnovni simboli toleriranih karakteristika, a u tablici 4.41. dani su dopunski simboli koji se kombiniraju s osnovnim.

Tablica 4.41. Dopunski simboli za kombiniranje s osnovnim simbolima toleriranih značajki

Opis		Simboli
	Direktno	

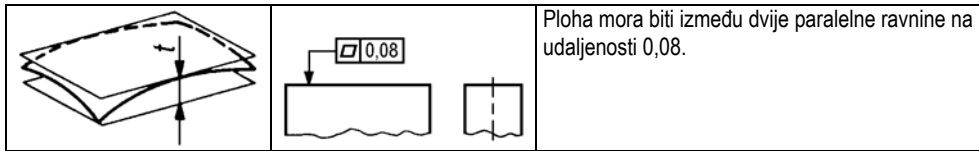
	Slovom	
Oznaka podatka	Direktno	
	Slovom	
Teorijska točna izmjera		100
Projicirano tolerirano područje		(P)
Najveće iskorištenje materijala (maksimum)		(M)
Okvir tolerancija		⊕ ∅0,05 A B C

Tablica 4.42. Tolerancija pravosti

	Tolerancija pravosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dva paralelna pravca na udaljenosti t , paralelopipedom osnove $t_1 \times t_2$ ili cilindrom osnove $\varnothing t$.	
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)	
		Svaka linija gornje plohe mora ležati između dva papralelna pravca na udaljenosti 0,1. Izvodnica plašta na svakih 200 mm duljine mora ležati između dva paralelna pravca na udaljenosti 0,1.
		Os grede mora ležati unutar paralelopipeda osnove 0,1 x 0,2.
		Os osovinice mora ležati unutar cilindra osnove $\varnothing 0,08$.

Tablica 4.43. Tolerancija ravnosti

	Tolerancija ravnosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dvije paralelne ravnine na udaljenosti t .	
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)	



Ploha mora biti između dvije paralelne ravnine na udaljenosti 0,08.

Tablica 4.44. Numeričke vrijednosti tolerancija pravosti i ravnosti

Mjerena duljina, mm	Stupanj točnosti									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tolerancija, μm									
do 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16
10 do 25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
25 do 60	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
60 do 160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
160 do 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
400 do 1000	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160

Tablica 4.45. Tolerancija kružnosti

Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)
	<p>○ Tolerancija kružnosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dvije koncentrične kružnice na udaljenosti t.</p> <p>Opseg bilo kojeg poprečnog presjeka na vanjskom promjeru mora biti između dvije koncentrične kružnice na udaljenosti 0,03.</p> <p>Opseg bilo kojeg poprečnog presjeka na vanjskom promjeru mora biti između dvije koncentrične kružnice na udaljenosti 0,1.</p>

Tablica 4.46. Tolerancija cilindričnosti

Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)
	<p>d Tolerancija cilindričnosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dva koncentrična (koaksijalna) cilindra na udaljenosti t.</p>

		<p>Promatrana ploha mora biti između dva koncentrična (koaksijalna) cilindra na udaljenosti 0,1.</p>
--	--	--

Tablica 4.47. Numeričke vrijednosti tolerancija kružnosti i cilindričnosti

Mjerena duljina, mm	Stupanj točnosti									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tolerancija, μm									
do 6	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
6 do 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
18 do 50	0,8	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
50 do 120	1	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
120 do 260	1,2	1,6	2,5	4	6	10	16	25	44	60

Tablica 4.49. Tolerancija oblika linije

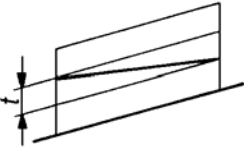
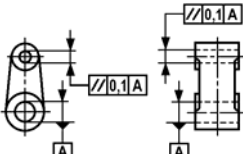
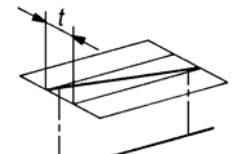
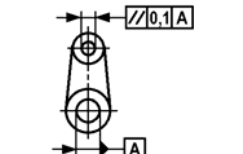
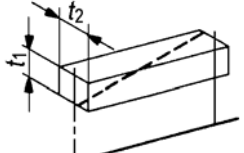
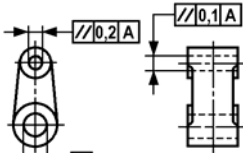
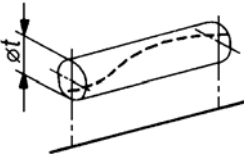
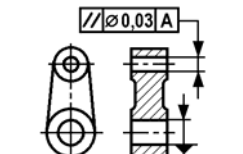
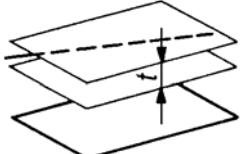
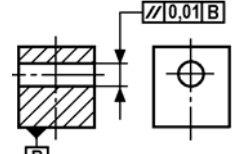
	<p>Tolerancija oblika linije definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dvije linije koje obuhvaćaju kružnicu promjera t, čije je središte na idealnoj geometrijskoj liniji.</p>	
<p>Definicija toleriranog područja</p>	<p>Primjeri (prikaz i objašnjenja)</p>	
		<p>U bilo kojem presjeku oblik linije mora biti između dvije linije koje obuhvaćaju kružnicu promjera 0,04 čije je središte na geometrijski idealnoj liniji.</p>

Tablica 4.50. Tolerancija oblika plohe

	<p>Tolerancija oblika plohe definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dvije zakrivljene ravnine koje obuhvaćaju kuglu promjera t, čije je središte na ravnini koja ima pravilan geometrijski oblik.</p>	
<p>Definicija toleriranog područja</p>	<p>Primjeri (prikaz i objašnjenja)</p>	
		<p>Promatrana ploha mora biti između dvije zakrivljene ravnine koje obuhvaćaju kuglu promjera 0,02 čije je središte na ravnini koja ima pravilan geometrijski oblik.</p>

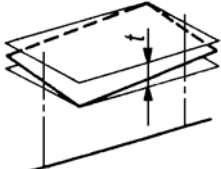
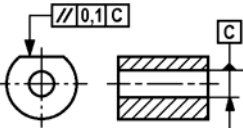
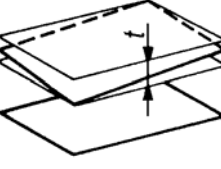
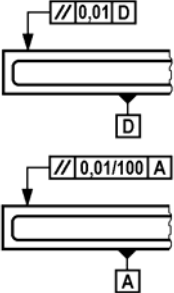
Tablica 4.51. Tolerancija paralelnosti

	<p>Tolerancija paralelnosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dva paralelna pravca na udaljenosti t, s paralelopipedom osnove $h \times b$, s cilindrom osnove $\varnothing t$ ili s dvije ravnine, koji su uz to paralelni referentnim pravcima ili ravninama.</p>	
--	--	--



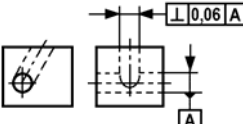
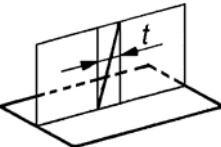
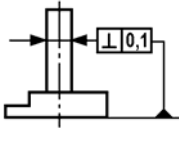
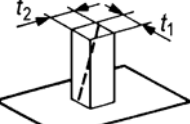
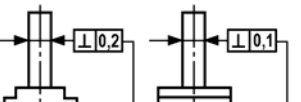
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)	
		Tolerirana os mora biti između dva pravca na udaljenosti 0,1, koji su paralelni s referentnom osi A i položeni u vertikalnom smjeru.
		Tolerirana os mora biti između dva pravca na udaljenosti 0,1, koji su paralelni s referentnom osi A i položeni u horizontalnom smjeru.
		Tolerirana os mora biti unutar paralelopipeda osnove 0,1 x 0,2, koji je paralelan s referentnom osi A.
		Tolerirana os mora biti unutar cilindra osnove promjera 0,03, koji je paralelan s referentnom osi A.
		Os provrta mora biti između dvije ravnine na udaljenosti 0,01, koji su paralelne s referentnom ravninom B.

Tablica 4.51. Tolerancija paralelnosti (nastavak)


//	Tolerancija paralelnosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dva paralelna pravca na udaljenosti t , s paralelopipedom osnove $t_1 \times t_2$, s cilindrom osnove ϕt ili s dvije ravnine, koji su uz dva paralelna referentna pravca ili ravnine.
----	---

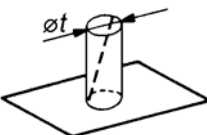
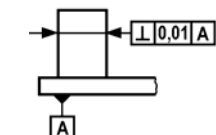
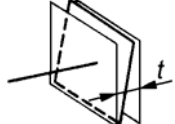
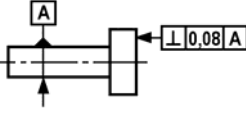
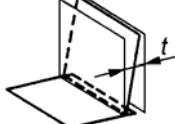
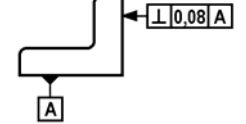
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)	
		<p>Tolerirana ploha mora biti između dva pravca na udaljenosti 0,1, koje su paralelne s referentnom osi C (os provrta).</p>
		<p>Tolerirana ploha mora biti između dvije paralelne ravnine na udaljenosti 0,01, koje su paralelne referentnoj ravnini D.</p> <p>Sve točke tolerirane plohe na duljini 100 mm, moraju biti između dvije paralelne ravnine na udaljenosti 0,01, koje su uz to paralelne referentnoj ravnini A.</p>

Tablica 4.52. Tolerancija okomitosti


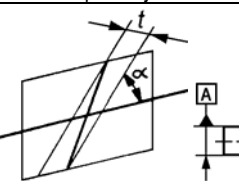
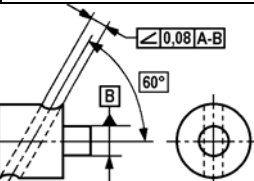
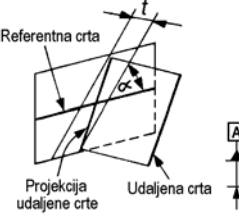
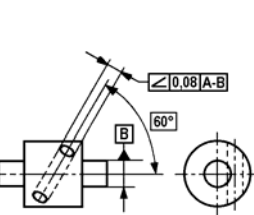
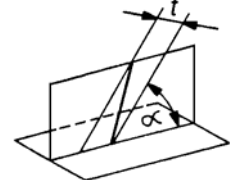
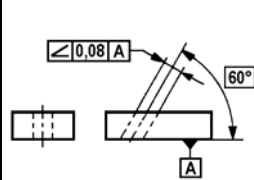
	<p>Tolerancija okomitosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dva paralelna pravca na udaljenosti t, s paralelopipedom osnove $t_1 \times t_2$, s cilindrom osnove $\varnothing t$ ili s dvije ravnine, koji su uz to okomite na referentni pravac ili ravninu.</p>	
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)	
		<p>Os kosog provrta mora biti između dva paralelna pravca na udaljenosti 0,06, koji su uz to okomiti na os horizontalnog provrta A (referentni pravac).</p>
		<p>Os vertikalnog cilindra mora biti između dva paralelna pravca na udaljenosti 0,1, koji leže u ravnini koja je okomita na referentnu ravninu.</p>
		<p>Os vertikalnog cilindra mora biti unutar paralelopipeda osnove 0,1 x 0,2, koji je okomit na referentnu ravninu.</p>

Tablica 4.52. Tolerancija okomitosti (nastavak)


	<p>Tolerancija okomitosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dva paralelna pravca na udaljenosti t, s paralelopipedom osnove $t_1 \times t_2$, s cilindrom osnove $\varnothing t$ ili s dvije ravnine, koji su uz to okomite na referentni pravac ili ravninu.</p>	
---	--	--

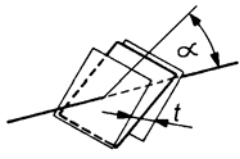
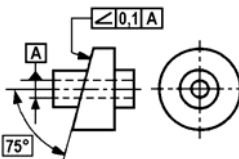

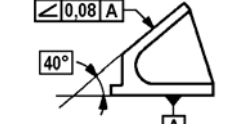
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)	
		Os vertikalnog cilindra mora biti unutar cilindra osnove promjera $\varnothing 0,01$, koji je okomit na referentnu ravninu A.
		Tolerirana ploha mora biti između dvije paralelne ravnine na udaljenosti 0,08, koje su okomite na referentnu os A.
		Tolerirana ploha mora biti između dvije paralelne ravnine na udaljenosti 0,08, koje su okomite na referentnu ravninu A.

Tablica 4.53. Tolerancija kuta (nagiba)


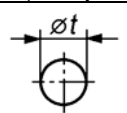
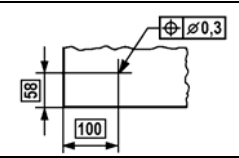
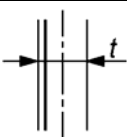
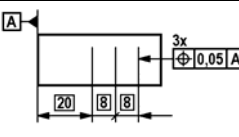
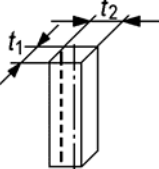
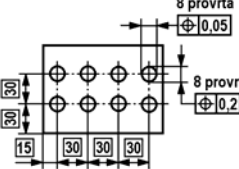
 Tolerancija kuta definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dva paralelna pravca na udaljenosti t ili s paralelne ravnine na udaljenosti t , koji su uz to nagnuti za kut α s obzirom na referentni pravac ili referentnu ravninu.		
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)	
		Os kosog provrta mora biti između dva paralelna pravca na udaljenosti 0,08, koji su uz to nagnuti za kut 60° s obzirom na referentne osi A-B.
		Os provrta, koja se projicira u ravninu u kojoj je referentna os, mora biti između dva paralelna pravca na udaljenosti 0,08, koji su uz to nagnuti za kut 60° s obzirom na referentne osi A-B.
		Os provrta mora biti između dva paralelna pravca na udaljenosti 0,08, koji su uz to nagnuti za kut 60° s obzirom na referentnu ravninu A.

Tablica 4.53. Tolerancija kuta (nagiba)(nastavak)


 Tolerancija kuta definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dva paralelna pravca na udaljenosti t ili s paralelne ravnine na udaljenosti t , koji su uz to nagnuti za kut α s obzirom na referentni pravac ili referentnu ravninu.	

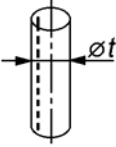
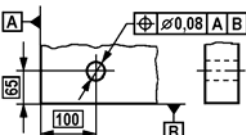
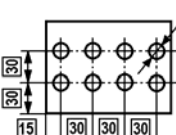
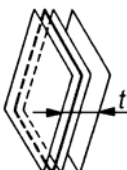
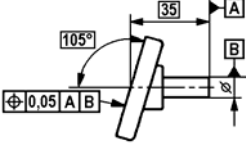
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)	
		Nagnuta ploha mora biti između dvije paralelne ravnine na udaljenosti 0,1, koje su nagnute za kut 75° s obzirom na referentnu os A.
		Nagnuta ploha mora biti između dvije paralelne ravnine na udaljenosti 0,08, koje su nagnute za kut 40° s obzirom na referentnu ravninu A.

Tablica 4.54. Tolerancija položaja (pozicije)


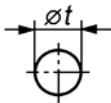
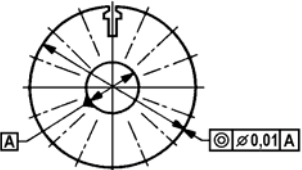
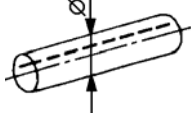
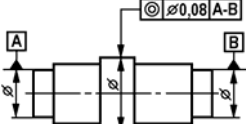
 Tolerancija položaja ili pozicije definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s kružnicom $\varnothing t$, dva paralelna pravca na udaljenosti t , s paralelopipedom osnove $l_1 \times l_2$ ili s cilindrom osnove $\varnothing t$, čije su središnjice u teorijski točnom položaju s obzirom na referentne linije.		
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)	
		Promatrana točka mora biti unutar kružnice $\varnothing 0,3$, čije je središte u teorijski točnom položaju s obzirom na točke presjeka.
		Svaka od linija mora biti između dva paralelna pravca na udaljenosti 0,05, koje su simetrično smještene u teorijski točnom položaju s obzirom na referentnu ravninu A.
		Os svakog od 8 provrta mora biti unutar paralelopipeda osnove 0,05 x 0,2, čija je os u teorijski točnom položaju s obzirom na promatrani provrt.

Tablica 4.54. Tolerancija položaja (pozicije)(nastavak)


 Tolerancija položaja ili pozicije definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s kružnicom $\varnothing t$, dva paralelna pravca na udaljenosti t , s paralelopipedom osnove $l_1 \times l_2$ ili s cilindrom osnove $\varnothing t$, čije su središnjice u teorijski točnom položaju s obzirom na referentne linije.		
--	--	--

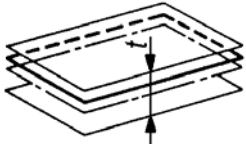
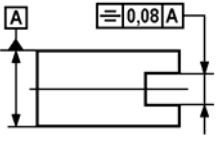
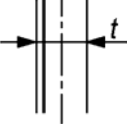
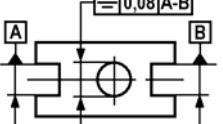
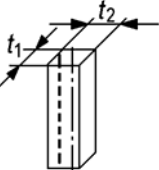
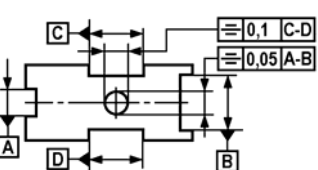
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)	
		<p>Os provrta mora biti unutar cilindra promjera 0,08, čija je os u teorijski točnom položaju s obzirom na promatrane referentne ravnine A i B.</p>
		<p>Os svakog od 8 provrta mora biti unutar cilindra promjera $\varnothing 0,1$, čija je os u teorijski točnom položaju s obzirom na provrt.</p>
		<p>Kosa ploha mora biti unutar dvije paralelne ravnine na udaljenosti 0,05, koje su simetrično postavljene s obzirom na teorijski točan položaj referentne ravnine A i referentnog cilindra B.</p>

Tablica 4.55. Tolerancija koncentričnosti i koaksijalnosti


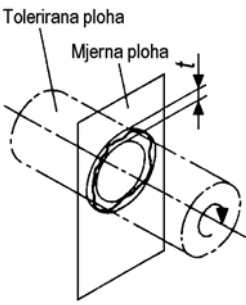
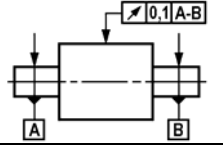
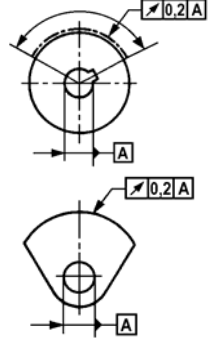
	<p>Tolerancija koncentričnosti i koaksijalnosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s kružnicom $\varnothing t$ ili s cilindrom osnove $\varnothing t$, čije se središte i središnjica poklapaju s referentnom točkom ili osi.</p>	
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)	
		<p>Promatrana točka mora biti unutar kružnice $\varnothing 0,3$, čije je središte u teorijski točnom položaju s obzirom na točke presjeka.</p>
		<p>Svaka od linija mora biti između dva paralelna pravca na udaljenosti 0,05, koje su simetrično smještene u teorijski točnom položaju s obzirom na referentnu ravninu A.</p>

Tablica 4.56. Tolerancija simetričnosti

	<p>Tolerancija simetričnosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dvije paralelne ravnine na udaljenosti t, s dva paralelna pravca na udaljenosti t koji su simetrično položeni s obzirom na referentne pravce, odnosno ravnine, ili paralelopipedom osnove $t_1 \times t_2$ (os paralelopipeda se poklapa s</p>	
---	--	--

referentnom osi).	
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)
	 Srednja ploha utora mora biti između dvije paralelne ravnine, koje su razmaknute za 0,08 i simetrične s obzirom na srednju plohu, odnosno referentnu konturu A.
	 Os provrta mora biti unutar dva paralelna pravca na udaljenosti 0,08, koji su simetrično položeni s obzirom na srednju plohu referentnih utora A i B.
	 Os provrta mora biti unutar paralelopipeda osnovne 0,1x0,05, čija se os poklapa s referentnom osi koja je rezultat presjeka srednjih ploha A-B.

Tablica 4.57. Tolerancija kružnosti vrtnje

	Tolerancija kružnosti vrtnje definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dvije koncentrične kružnice s razmakom t , cilindrom duljine l ili stošcem duljine l , čije su osi okomite na osnovu i poklapaju se s referentnim osima.
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)
	 Radijalno odstupanje od kružnosti vrtnje ne smije biti veće od 0,1 u bilo kojoj mjernoj plohi za vrijeme jednog okretaja oko referentne osi A-B.
	 Radijalno odstupanje od kružnosti vrtnje ne smije biti veće od 0,2 u bilo kojoj mjernoj plohi, kada se mjerenje vrši dijelom kružnice kod zakretanja oko referentne osi provrta A.

Tablica 4.57. Tolerancija kružnosti vrtnje (nastavak)

	Tolerancija kružnosti vrtnje definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dvije koncentrične kružnice s razmakom t , cilindrom duljine l ili stošcem duljine l , čije su osi okomite na osnovu i poklapaju se s referentnim osima.
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)
	<p>Aksijalno (osno) odstupanje od kružnosti vrtnje ne smije biti veće od 0,1 u bilo kojem položaju mjerenja za jedan okretaj oko referentne osi D.</p>
	<p>Odstupanje od kružnosti vrtnje u smjeru strelice ne smije biti veće od 0,1 u bilo kojem mjernom stošću za vrijeme jednog okretaja oko referentne osi C.</p>
	<p>Odstupanje od kružnosti vrtnje u smjeru okomitom na tangentu zakrivljene plohe ne smije biti veće od 0,1 u bilo kojem mjernom stošću za vrijeme jednog okretaja oko referentne osi C.</p>

Tablica 4.58. Tolerancija ravnosti i kružnosti vrtnje

	Tolerancija ravnosti i kružnosti vrtnje definirana je kao odstupanje koje je ograničeno s dva koaksijalna cilindra na rastojanju t (kojih se os podudara s referentnom osi) ili s dvije paralelne plohe na rastojanju t koje su okomite na referentnu os.
Definicija toleriranog područja	Primjeri (prikaz i objašnjenja)
	<p>Tolerancija ravnosti i kružnosti vrtnje ne smije biti veća od 0,1 u bilo kojoj točki na određenoj plohi nakon nekoliko okretaja oko referentne osi A-B s relativnim aksijalnim pomjeranjem mjernog instrumenta po strojnom dijelu.</p>
	<p>Tolerancija ravnosti i kružnosti vrtnje ne smije biti veća od 0,1 u bilo kojoj točki na određenoj plohi nakon nekoliko okretaja oko referentne osi D s relativnim radijalnim pomjeranjem mjernog instrumenta po strojnom dijelu.</p>

Tablica 4.59. Numeričke vrijednosti tolerancija kružnosti vrtnje

Mjerena duljina, mm	Stupanj točnosti									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tolerancija, μm									
do 6	-	-	3	5	8	12	20	30	50	80
6 do 18	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
18 do 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
50 do 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
120 do 260	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200

Tablica 4.60. Numeričke vrijednosti tolerancija ravnosti i kružnosti vrtnje

Mjerena duljina, mm	Stupanj točnosti									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tolerancija, μm									
do 6	-	-	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
6 do 18	0,8	1	2	3	5	8	12	20	30	50
18 do 50	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
50 do 120	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
120 do 260	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100

Dopuštena odstupanja oblika i položaja na određenim dijelovima za izmjere bez oznaka tolerancija propisuje HRN M.A1.411, a stupanj točnosti po ovoj normi prvenstveno se odnosi na preciznu mehaniku.