

2. Toleranci i

Pri izrabortkata na ma{ inskite delovi spored soodvetnata tehni~ka dokumentacija se javuva seriozen problem za postignuvawe na baranata to~nost na dimenziite, formata i me|usebnata polo`ba na oddelnite povr{ ini na del ot.

Kako *glavni pri~ini* za otstupuvaweto od idealnata to~nost na dimenziite se:

1. *nesovr{ enost a na sit e fakt ori* { to u~estvuvaat vo izrabortkata na ma{ inskite delovi, kako: alatni te ma{ ini, alati te, materijal ot i ~ove~ki ot faktor,
2. *nesovr{ enost a na met odite za merewe i kont rola* { to ne ovozmo` uvaat to~no merewe na fakti~nata gol emi na na dimenziite.

Od druga strana, apsolutnata to~nost kako na dimenziite, taka i na formata na ma{ inskite delovi i ne e neophoden uslov za ispravnata rabota na ma{ inata. Za pravilnata rabota na ma{ inata naj~esto ne e potrebna apsolutna to~nost na dimenziite. Tie mo`at da se izveduvaat so pomali ili pogolemi otstupuvawa, vo zavisnost od ekonomi~nosta i funkcijata { to ma{ inski ot del ja obavuva vo sklopot na ma{ inata. So drugi zborovi, pri konstrukcijata na edna ma{ ina treba da se vodi smetka taa da bide kolku { to e mo`no poevtina na pazarot, a pri toa da ne se izgubi vo kvalitetot i funkcijata za koja { to e nameneta. Vo taa smisla treba da se ima predvid deka tro{ oci te na proizvodstvo naglo rastat so zgol emuvawe na to~nosta na dimenziite poradi { to e potrebno da se usoglasat uslovi te na funkcijata so uslovi te na ekonomi~nosta vo proizvodstvoto.

Vo poedine~noto i zanaet~iskoto proizvodstvo zavr{ nata obrabotka na delovite od eden sklop se vr{ i pri montiraweto, pa na toj na~in so nagoduvawe se ostvaruva sakanata podvi`nost ili nepodvi`nost na delovite vo sklopot. Me|utoa, vo industriskiot i golemoseriskiot na~in na proizvodstvo delovite na sklopot treba da se izrabortuvaat nezavisno eden od drug, taka { to vo procesot na montiraweto na sklopot, kako i vo procesot na zamena, tie treba da se sostavuvaat bez nagoduvawe na isti te, a pri toa da se ostvari predvidenata podvi`nost ili nepodvi`nost.

Spored toa, za da se obezbedi i spravna funkcija na sekoj ma{inski del vo sklop na celata ma{ina, bez ogled na nemo`nosta na postignuvawe na apsolutnata to~nost na dimenziite i formata, so konstruiraweto na ma{inski ot del treba da se propi{at grani ci te vo koi smeat da se dvi`at dimenziite i formite na ma{inski te del ovi. Vaka def i ni rani te dovol eni otstapuvawa na dimenziite i formata na ma{inski te del ovi se narekuvaat *tolerancii*.

2.1 ISO – sist em na t olerancii

Za da se odbegne proizvodnosta vo izborot na brojnite vrednosti na dozvoleni te otstapuvawa, vo ramkite na *ISO – st andardit e* e izraboten *sist em na t olerancii* { to e zadol`itel en za sekoja zemja, pa i za na{ata, { to te`i da se pri kl oni kon evropski te stopanski i ntegraci i.

ISO – sist emot na t olerancii e samo eden del od *ISO – st andardit e*.

Spored aspektite po koi mo`e da se sudi za to~nosta na izrabotkata na ma{inski te del ovi, se razl i kuvaat sledni ve sistemi na tolerancii:

- tolerancii na *dol`inski te meri*
- tolerancii na *format a i na polo`bata na oddel nit e kont urni povr{ i ni*
- tolerancii na *koni ~nit e povr{ i ni*
- tolerancii na *kval it et ot i gl at kost a na povr{ i nit e*
- tolerancii na *navoit e i navojnit e vrski*
- tolerancii na *t rkal a~kit ele`i { t ai*
- tolerancii na *zap~enicit e*

Si te ovi e sistemi na tolerancii se sl i ~ni, no ne i i denti ~ni.

Naj{ i roka primena vo svetot ima *ISO - sist emot na t olerancii na dol`inski te meri*, { to gi so dr`i principi te vrz osnova na koi se opredeleni i tabelarno dadeni ni za dozvoleni otstapuvawa za razni stepeni na to~nosti za razni vidovi nal egnuvawa na oddelni del ovi vo ma{inski te sklopovi i potsklopovi, a vo zavisnost od vrednosta na zaedni ~kata dimenzija na otvorot i oskata (~epot).

Tokmu zatoa, ovde }e stane zbor samo za *ISO - sist emot na t olerancii na dol`inski te meri*.

2.1.1 Poimi vo ISO-sist emot na t oleranci i na dol ` inski t e meri

ISO - sist emot na t oleranci i na dol ` inski t e meri e razraboten prvenstveno za merite na ma{ inski te delovi so kru` en popre~en preseki. Me|utoa, toj mo` e da se primeni i na bilo koi drugi dol ` inski meri. Ovoj sistem predviduva posebni toleranci i za nadvore{ nite (*oski* ili *~epovi*), a posebni za vnatre{ nite meri (*ot vori*).

Naj~esto sre}avani poimi vo *ISO - sist emot na t oleranci i na dol ` inski t e meri* se:

- *Mera* – nadvore{ na, vnatre{ na, nominal na, fakti ~ka, grani ~na (*gorna i dol na*), mera na maksimum i minimum materijal

Nadvore{ na mera e dol ` inska mera na ma{ inski ot del, koja pri mereweto se nao|a pome|u dopirnite povr{ ini na merni ot pribor t.e. mernite povr{ ini na merni ot pribor se nao|aat od nadvore{ nite strani na merenata dol ` ina. Primer za nadvore{ na mera e pre~nikot na oska, vratilo, dol ` ina, { iro~ina ili viso~ina na telo i dr. Vo *ISO - sist emot na t oleranci i na dol ` inski t e meri*, gol emi nite { to se odnesuvaat na nadvore{ nite meri se ozna~uvaat so *mal i t e* bukvi od latinskata abeceda (*a, b, c, d* i tn.).

Vnat re{ na mera e dol ` inska mera na ma{ inski ot del koja pri mereweto se nao|a od nadvore{ nata strana na dopirnite povr{ ini na merni ot pribor t.e. mernite povr{ ini na merni ot pribor se nao|aat vo vnatre{ nosta na merenata dol ` ina. Primer za vnatre{ na mera e pre~nikot na cilindri ~ni ot ili bilo kakov drug otvor. Vo *ISO - sist emot na t oleranci i na dol ` inski t e meri*, gol emi nite { to se odnesuvaat na vnatre{ nite meri se ozna~uvaat so *gol emi t e* bukvi od latinskata abeceda (*A, B, C, D* i tn.).

Nominal na mera e onaa mera koja slu` i kako osnova za opredel uvawe na otstupuvaweto. Taa e zaedni ~ka za dvata dela, od koi edni ot so svojata nadvore{ na, a drugi ot so svojata vnatre{ na mera, vo zavisnost od konstruktivni te potrebi, ~inat podvi ` en ili, pak, nepodvi ` en sklop. Taa ne pretstavuva sakana mera, naj~esto odgovara na nizata standardni broevi i se dava so cel broj i zrazen vo *mm*.

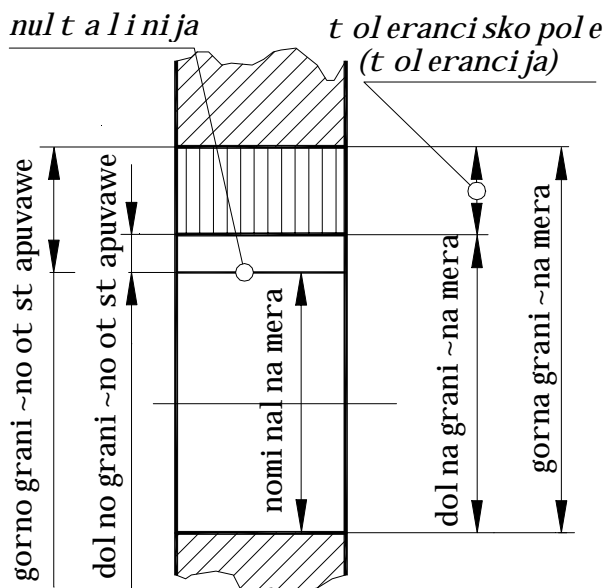
Fakti ~ka mera e onaa mera { to } e se utvrdi so merewe na izraboteni ot del i treba da go zadovolji uslovot da le` i pome|u gornata i dolnata grani ~na mera.

Grani~na mera – toa se dve krajni dovoleni meri (kako najgolema i najmal a dovol ena mera), me|u koi treba da le` i f akti ~kata mera.

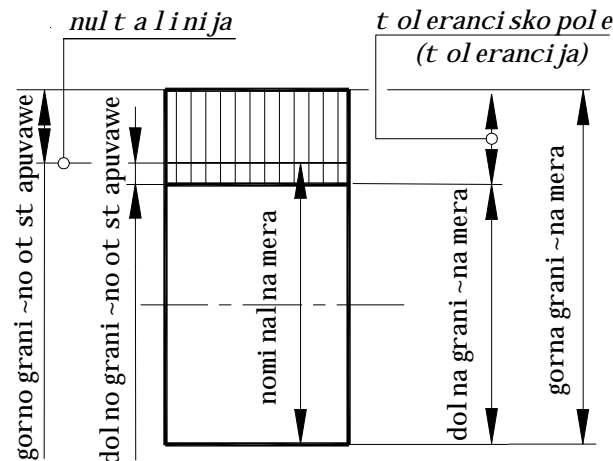
Gorna grani ~na mera e najgol emata dovol ena mera na ispravno izraboteni ot ma{ inski del. Za nadvore{ ni meri (*oska ili ~ep*) taa se narekuva u{ te i mera na *maksi mum mat erijal*, bi dej}i del ot vo toj slu~aj navisti na ima najmnogu materijal vo sebe, a za vnatre{ ni meri (*ot vor*) se narekuva mera na *mini mum mat erijal*, bi dej}i vo takov slu~aj del ot ima najmal ku materijal.

Dol na grani ~na mera e najmal ata dovol ena mera na ispravno izraboteni ot ma{ inski del. Za nadvore{ ni meri (*oska ili ~ep*) taa se narekuva u{ te i mera na *mini mum mat erijal* bi dej}i del ot vo toj slu~aj navisti na ima najmal ku materijal vo sebe, a za vnatre{ ni meri (*ot vor*) se narekuva mera na *maksi mum mat erijal*, bi dej}i vo takov slu~aj del ot ima najmnogu materijal.

Na *sl.2.1* i *sl.2.2* grafi ~ki se pretstaveni navedenite poi mi vo *ISO* – sistemot za vnatre{ ni te (*ot vori*) odnosno nadvore{ ni te (*oski* - ~epovi) tolerirani meri.



Sl.2.1 Grafi ~ki prikaz na poi mi te vo *ISO* – sistemot na tolerancii na dol`inski te meri (vnatre{ na mera – ot vor)



Sl.2.2 Grafiki prikaz na pomele vo ISO – sistemot na tolerancii na dolni i gornata mera (nadvore{ na mera – oska)

- *Nulta linija* – Prava linija koja pri grafiki-koto prikazuje na tolerancii te odgovara na nominalnata mera, taka { to taa pretstavuva pojdovna linija od koja se smetaat i grafiki-nanesuvaat otstupuvawata i toa pozitivni te nad, a negativni te pod taalinija.
- *Otstapuvawe* – Otstupuvawe e razlika pome|u nekoja mera i nominalnata mera. Taka, kako *gorno otstapuvawe* se smeta razlikata pome|u predvidenata *gorna grani-na mera* i *nominalnata mera*, a kako *dolno otstapuvawe* razlikata pome|u *dolnata grani-na mera* i *nominalnata mera*. Kako *faktivno otstapuvawe* se smeta razlikata pome|u *faktivnata* i *nominalnata mera*.
- *Tolerancija* - e razlika pome|u gornata i dolnata grani-na mera.
- *Tolerancijsko polje* – e grafiki-keto pretstavena tolerancija.

2.1.2 Golemini i polo`bi na tolerancijskoto polje

Vo ISO – sistemot na tolerancii sekoja tolerancija e definirana so svojata golemina i polo`ba na tolerancijskoto polje vo odnos na nultata linija.

Stopeni na tolerancijata t.e. visinata na tolerancijskoto pole vo *ISO* – sistemot simbolično se izražava so brojevi i toa

- 01, 0, 1, 2, 318 za nominalni meri do 500 mm i
- 6, 7, 816 za nominalni meri nad 500 do 3150 mm.

Stepeni te 01 i 0 odgovaraat na najgolema točnost, predviđuvaat tesni tolerancijski poliva { to se u{te ne se postignati, a golimini te ..17 i 18 odgovaraat na najmala točnost, predviđuvaat { i roki tolerancijski poliva i vo sovremenoto proizvodstvo mnogu retko, a re{isi i ne se primenuvaat. Spored toa, vo redovnoto proizvodstvo naj-esto se primenuvaat stepeni te 5 do 6 (*za golimitočnost*), 6, 7 do 8 (*za normalnoost varlivi točnost*) i 9 do 11 (*za pomalitočnost*).

Polobata na tolerancijata se definiira so polobata na tolerancijskoto pole vo odnos na nulтата linija vo *ISO* – sistemot i se označuva so bukvi te od latinskata abeceda i toa:

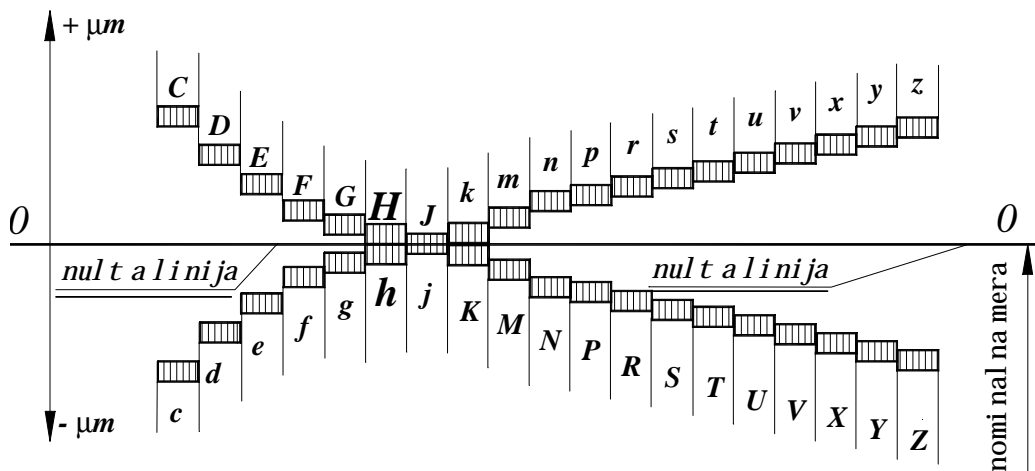
- so mali bukvi za nadvorenite meri (*oski*): *a, b, c, d, e, g, h, j, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb i zc. (sl. 2.3)*
- so golimi za vnatrenite meri (*otvori*): *A, B, C ..H..ZC (istite bukvi).*

Klasata na tolerancijata se definiira so polobata i so stepenot na tolerancijata, kako na primer: *H7* - za otvori i *f6* - za oski.

2.1.3 Sistemi na nalegnuvawa

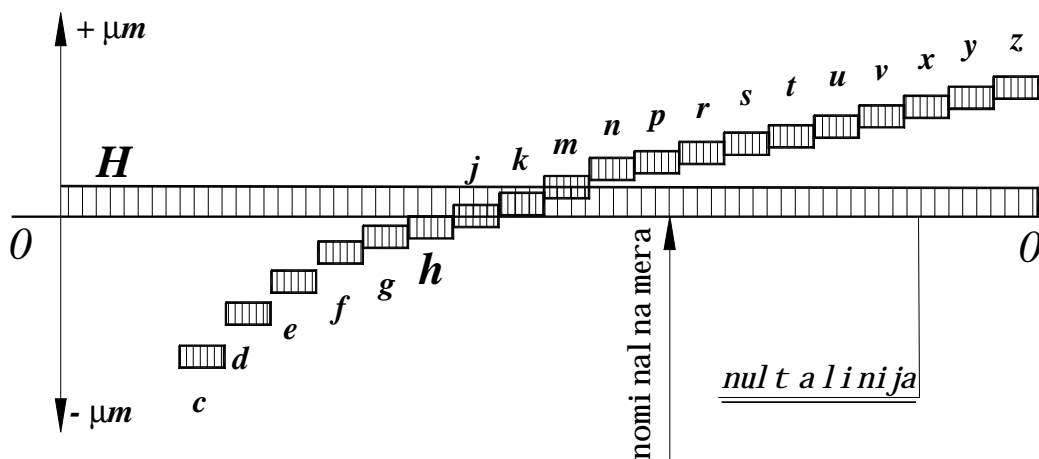
Za da se odbegne mo`noto ogromno { arenilo od isti profunkcija nalegnuvawa, no so razli{ni klasi na tolerancii, *ISO* – sistemot ja reducira taamočnost so zamena na tolerancii te za otvori so edna edinstvena tolerancija *H*, { to se narekuva *sistem na zaedni{ki otvor* ili, pak, so zamena na site tolerancii na oskata so edna edinstvena *h*, { to se narekuva *sistem na zaedni{ka oska*. Sepak, i vaka reduciraniot sistem na tolerancii ovozmo`uva ogromen broj kombinacii. Zatoa so *ISO* – sistemot se preporečuva za koristewe samo *sistem na zaedni{ki otvor* so koj pri ista *H* - tolerancija na otvorot i izbrana tolerancija na oskata mo`e da se postigne sakanoto nalegnuvawe na dvata ma{inski elementa (*labavo, nezvesno ili cvrst o*).

Na *sl.2.3* e prikana postavenosta na vaka definirani te tolerancii vo odnos na nulтата linija. Vakviot sistem ovozmo`uva ogromen broj kombinacii bilo da se raboti za *labavo, nezvesno* bilo za *cvrst o nalegnuvawe* na dva ma{inski dela.



Sl.2.3 Post avenost na del od ISO – sist emot na t oleranci ski pol i wa vo odnos na nult a linija

Na sl.2.4 e pri ka` an sist emot na zaedni ~ki ot vor, a vo t ab.1 se da deni brojni te vrednosti na grani ~nite otstapuvawa za neko i toleran-ci ski pol i wa od ovoj si stem.



Sl.2.4 [emat ski prikaz na polo` bat a na t oleranci ski t e pol i wa vo sist emot na zaedni ~ki ot vor

Tab. 2.1 Vrednost i na grani-ni t e ot st apuvawa vo [μm]

Nom. mera	St epen	H	d	e	f	g	h	j	k	m	n	p
nad18 do 30	5	+ 9 0	- 65 - 74	- 40 - 49	- 20 - 29	- 7 - 16	0 - 9	+ 5 - 4	+ 11 + 2	+ 17 + 8	+ 24 + 15	+ 31 + 22
	6	+13 0	- 65 - 78	- 40 - 53	- 20 - 33	- 7 - 20	0 - 13	9 - 4	+15 + 2	+ 21 + 8	+ 28 + 15	+35 + 22
	7	+ 21 0	- 65 - 86	- 40 - 61	- 20 - 41	- 7 - 28	0 - 21	+ 13 - 8	+ 23 + 2	+ 29 + 8	+ 36 + 15	+ 22 + 43
	8	+33 0	- 65 - 98	- 40 - 73	- 20 - 53	- 7 - 40	0 - 33	+ 17 - 16	+ 33 0	+ 41 + 8	+ 48 + 15	+55 + 22
nad 30 do 50	5	+ 11 0	- 80 - 91	- 50 - 61	- 25 - 36	- 9 - 20	0 - 11	+ 6 - 5	+ 13 + 2	+ 20 + 9	+ 28 + 17	+ 37 + 26
	6	+16 0	- 80 - 96	- 50 - 66	- 25 - 41	- 9 - 25	0 - 16	+ 11 - 5	+18 + 2	+ 25 + 9	+ 33 + 17	+42 + 26
	7	+ 25 0	- 80 - 105	- 50 - 75	- 25 - 50	- 9 - 34	0 - 25	+ 15 - 10	+ 27 + 2	+ 34 + 9	+ 42 + 17	+ 51 + 26
	8	+39 0	- 80 - 119	- 50 - 89	- 25 - 64	- 9 - 48	0 - 39	+ 20 - 19	+ 39 0	+ 48 + 9	+ 56 + 17	+65 + 26
nad50 do 80	6	+ 19 0	-100 - 119	- 60 - 79	- 30 - 49	- 10 - 29	0 - 19	+ 12 - 7	+ 21 + 2	+ 30 + 11	+ 39 + 20	+ 51 + 32
	7	+ 30 0	-100 - 130	- 60 - 90	- 30 - 60	- 10 - 40	0 - 30	+ 18 - 12	+ 32 + 2	+ 41 + 11	+ 50 + 20	+ 62 + 32
	8	+ 46 0	-100 - 146	- 60 - 106	- 30 - 76	- 10 - 56	0 - 46	+ 23 - 23	+ 46 0	+ 57 + 11	+ 66 + 20	+ 78 + 32
	9	+ 74 0	-100 - 174	- 60 - 134	- 30 - 104	- 10 - 84	0 - 74	+ 37 - 37	+ 74 0	+ 84 + 11	+ 94 + 20	106 + 32
nad 80 do 120	6	+ 22 0	-120 - 142	- 72 - 94	- 36 - 58	- 12 - 34	0 - 22	+ 13 - 9	+ 25 + 3	+ 35 + 13	+ 45 + 23	+ 59 + 37
	7	+ 35 0	-120 - 155	- 72 - 107	- 36 - 71	- 12 - 47	0 - 35	+ 20 - 15	+ 38 + 3	+ 48 + 13	+ 58 + 23	+ 72 + 37
	8	+ 54 0	-120 - 174	- 72 - 126	- 36 - 90	- 12 - 66	0 - 54	+ 27 - 27	+ 54 0	+ 67 + 13	+ 77 + 23	+ 91 + 37
	9	+ 87 0	-120 - 207	- 72 - 159	- 36 - 123	- 12 - 99	0 - 87	+ 44 - 43	+ 87 0	+ 100 + 13	+ 110 + 23	+ 124 + 37
nad120 do 180	7	+ 40 0	-145 - 185	- 85 - 125	- 43 - 83	- 14 - 54	0 - 40	+ 22 - 18	+ 43 + 3	+ 55 + 15	+ 67 + 27	+ 83 + 43
	8	+ 63 0	-145 - 208	- 85 - 148	- 43 - 106	- 14 - 77	0 - 63	+ 32 - 31	+ 63 + 0	+ 78 + 15	+ 90 + 27	+ 106 + 43
	9	+100 0	-145 - 245	- 85 - 185	- 43 - 143	- 14 - 114	0 - 100	+ 50 - 50	+ 100 0	+ 115 + 15	+ 127 + 27	+ 143 + 43
nad 180 do 250	7	+ 46 0	-170 - 216	- 100 - 146	- 50 - 96	- 15 - 61	0 - 46	+ 25 - 21	+ 50 + 4	+ 63 + 17	+ 77 + 31	+ 96 + 50
	8	+ 72 0	-170 - 242	- 100 - 172	- 50 - 122	- 15 - 87	0 - 72	+ 36 - 36	+ 72 0	+ 89 + 17	+ 103 + 31	+ 122 + 50

