

MAŠINSKI ELEMENTI

TOLERANCIJE

TOLERANCIJE MAŠINSKIH DELOVA

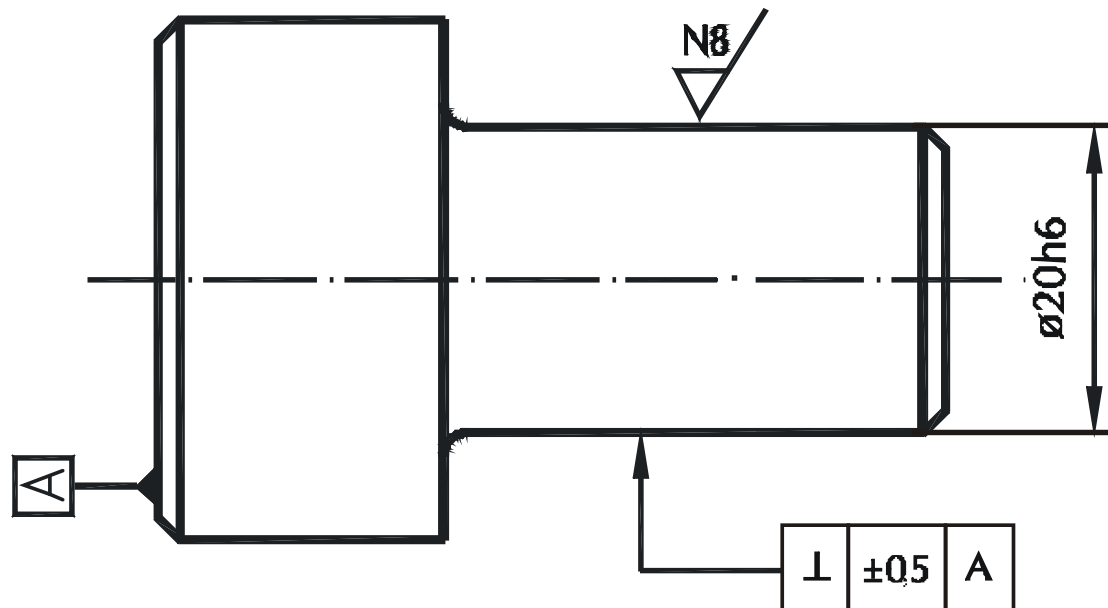
Apsolutno tačan oblik i dimenzije mašinskog dela nije moguće dobiti zbog nesavršenosti proizvodnih mašina, alata, materijala, metoda merenja, kontrole i ljudskog faktora kao izvršioca pojedinih operacija.

Odstupanja mogu biti veća ili manja. Izrada delova visoke tačnosti je skupa, a delovi nedovoljne tačnosti neispravno izvršavaju predviđenu funkciju.

*Zbog toga se, u cilju obezbeđenja funkcije mašinskog dela, u fazi projektovanja unapred propisuju **dozvoljena odstupanja** pojedinih karakteristika u skladu sa namenom i funkcijom mašinskog dela, kao i troškovima proizvodnih procesa.*

Tolerancija je razlika između najvećeg i najmanjeg dopuštenog odstupanja, ili između najveće i najmanje dopuštene mere.

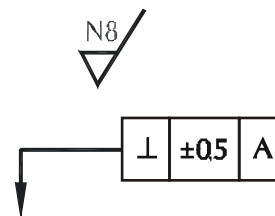
Dozvoljena odstupanja *mera, oblika i glatkosti površina* mašinskih delova nazivaju se **tolerancije**.



Dozvoljena odstupanja se kod mašinskih delova odnose na:

- tolerancije dužinskih mera
- tolerancije glatkosti površine
- tolerancije oblika i položaja

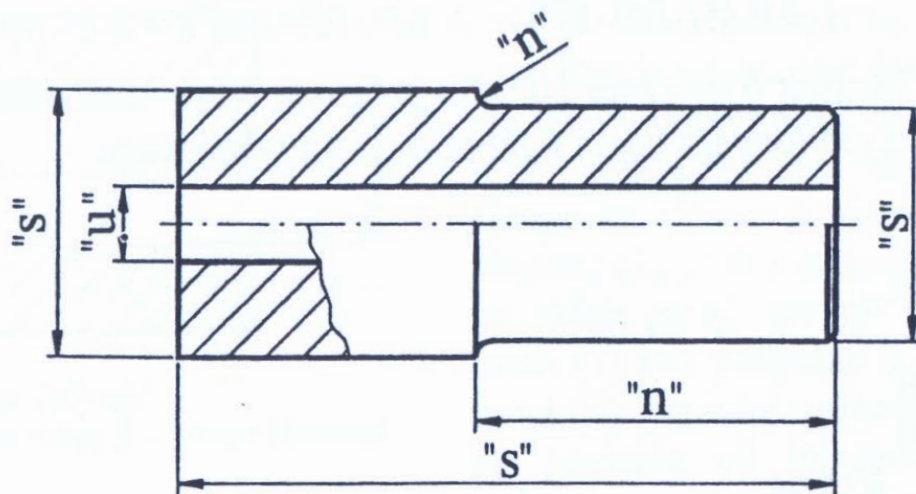
$\varnothing 20h6$



Tolerancije dužinskih mera

Spoljašnje mere su one mere kod kojih pri merenju pipci mernog instrumenta prilaze sa spoljne strane (sve veličine vezane za spoljne mere obeležavaju se malim slovima). $\varnothing 20h6$

Unutrašnje mere se utvrđuju tako što pipci mernog instrumenta prilaze sa unutrašnje strane (sve veličine vezane za unutrašnje mere obeležavaju se velikim slovima). $\varnothing 40H7$

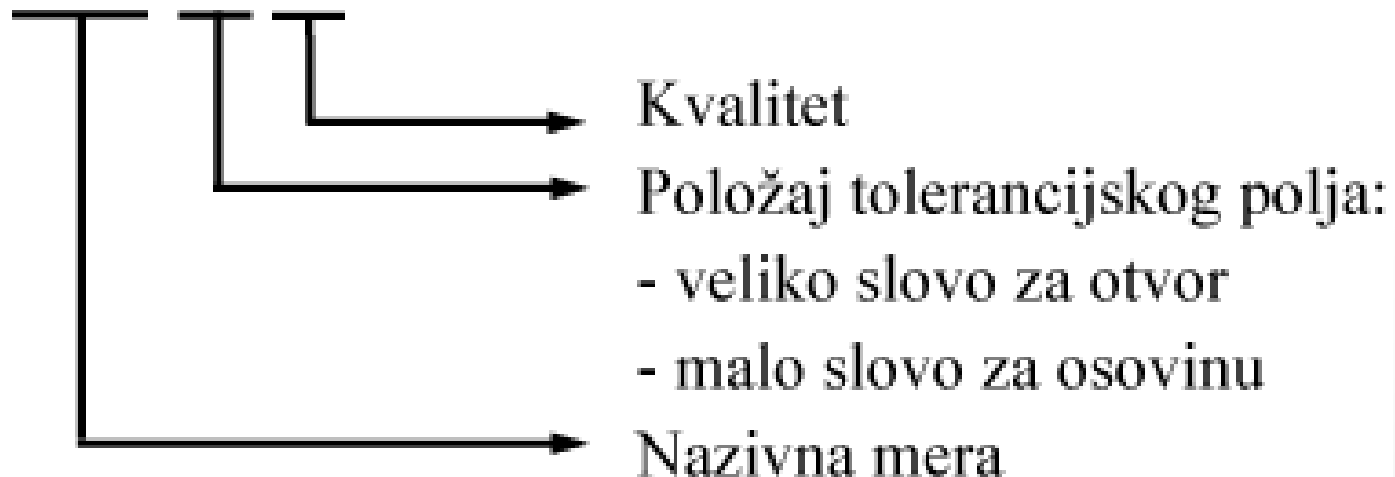


Tolerancije dužinskih mera

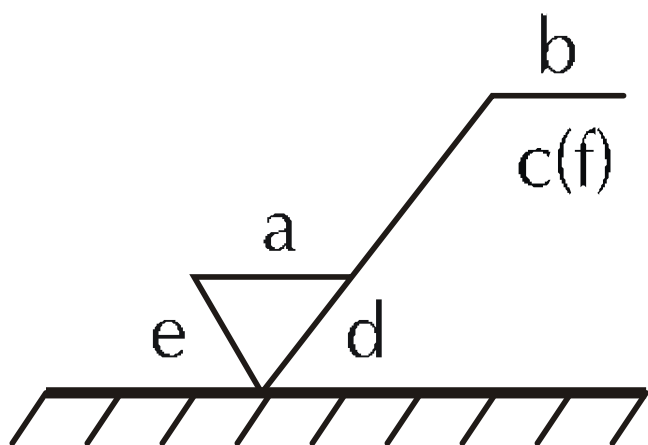
Tolerisana dužinska mera se označava:

ϕ 40 H 7

ϕ 40 f 7



Zbirna oznaka za **kvalitet hrapavosti površine** mašinskog dela sadrži:

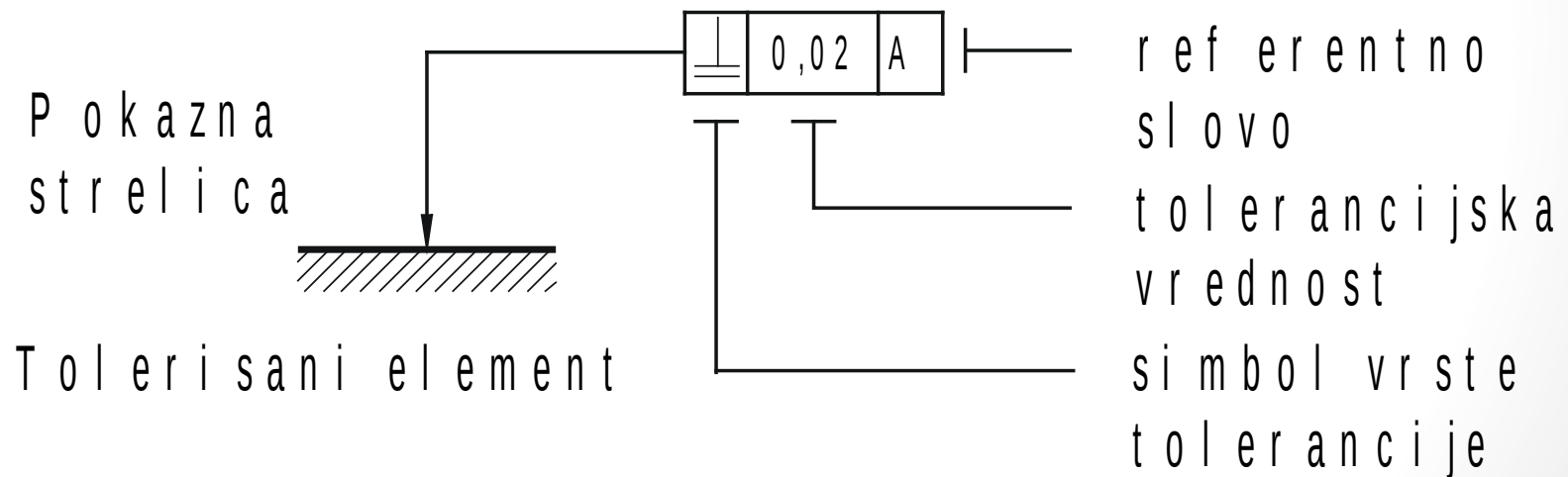


- a -vrednost hrapavosti R_a u (μm) ili klasa hrapavosti (N1÷N12),
- b -metod proizvodnje, postupak ili prevlake,
- c -referentna dužina l ,
- d -pravac prostiranja neravnina,
- e -dodatak za mašinsku obradu i
- f -druge vrednosti hrapavosti (u zagradi).

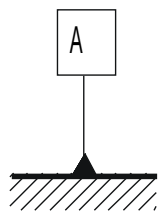
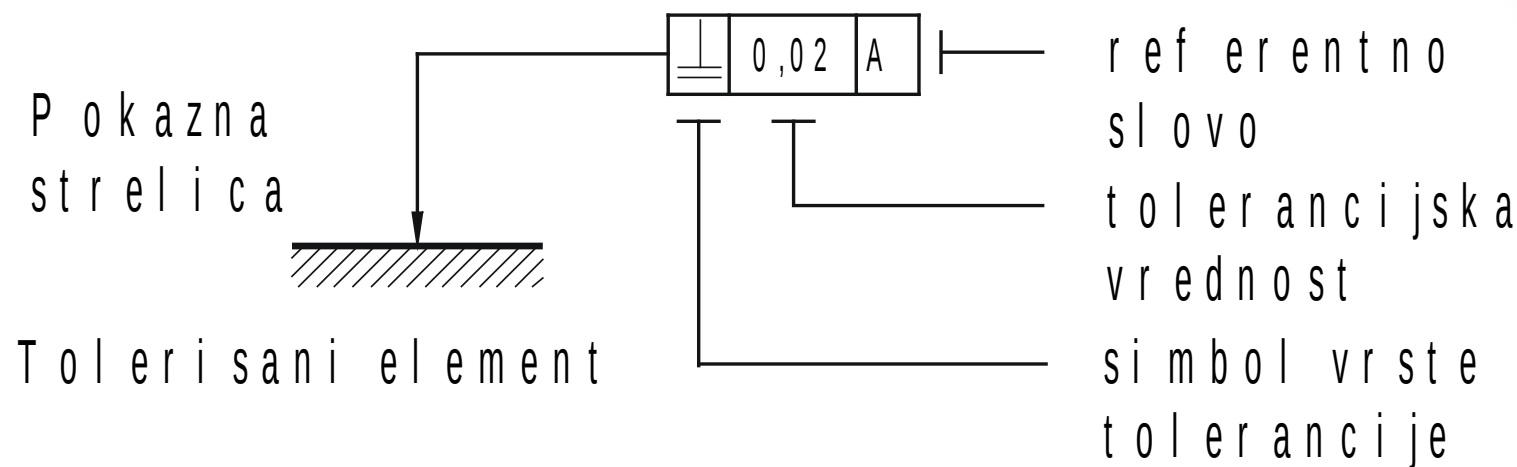
Prema stepenu hrapavosti površine ceni se kvalitet glatkosti površine koji utiče na dinamičku čvrstoću, otpornost prema koroziji, hermetičnost i izgled.

Tolerancije oblika i položaja

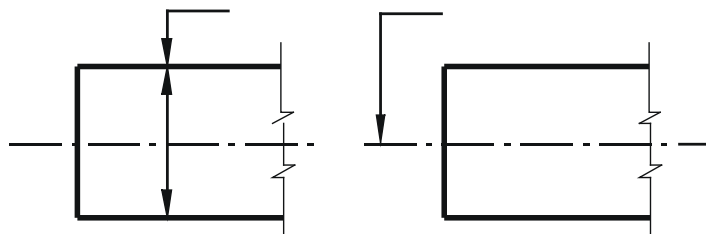
- Ako su uslovi funkcije i montaže takvi da zahtevaju veliku tačnost oblika i položaja, potrebno je uneti u crtež i tolerancije oblika i položaja.



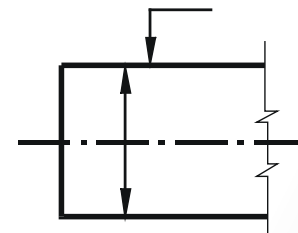
Tolerancije oblika i položaja



Referentni element



U odnosu na osu



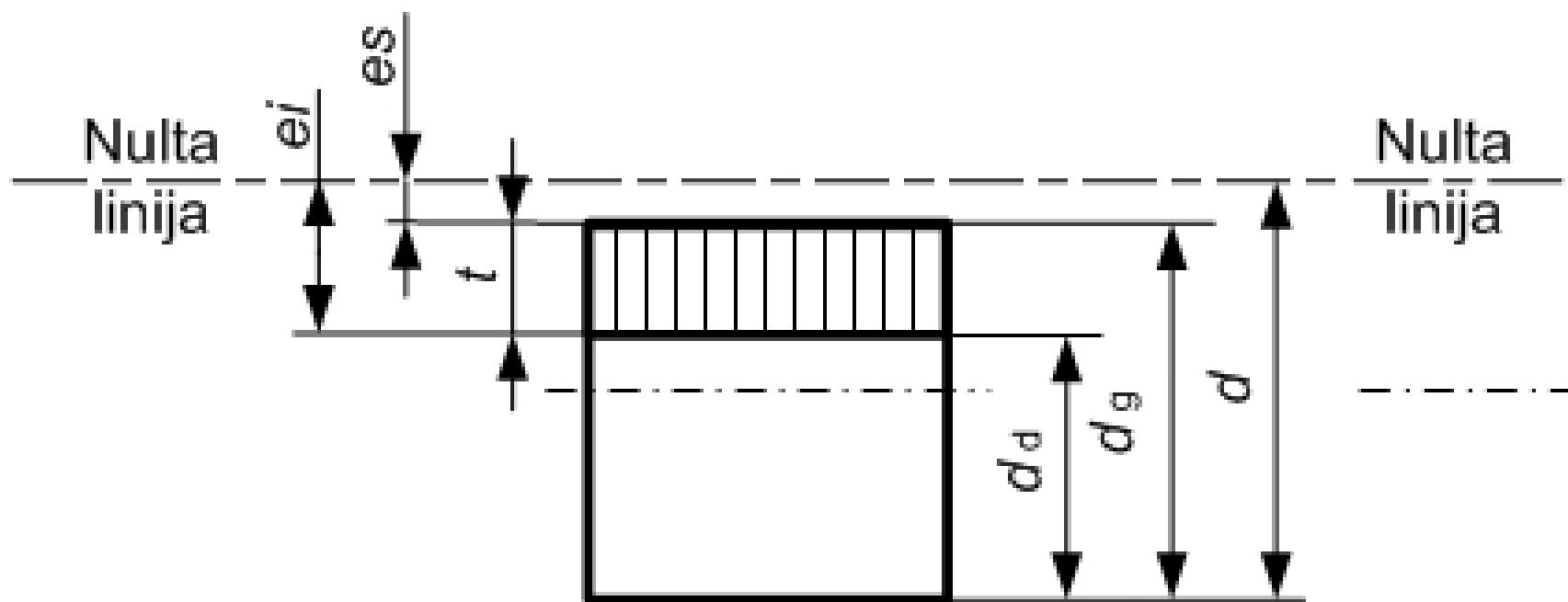
U odnosu na izvodnicu
omotača

Nazivna (nominalna) mera ($D; d$) služi kao osnova za definisanje graničnih mera i odstupanja i to je mera koja se unosi na crtež.

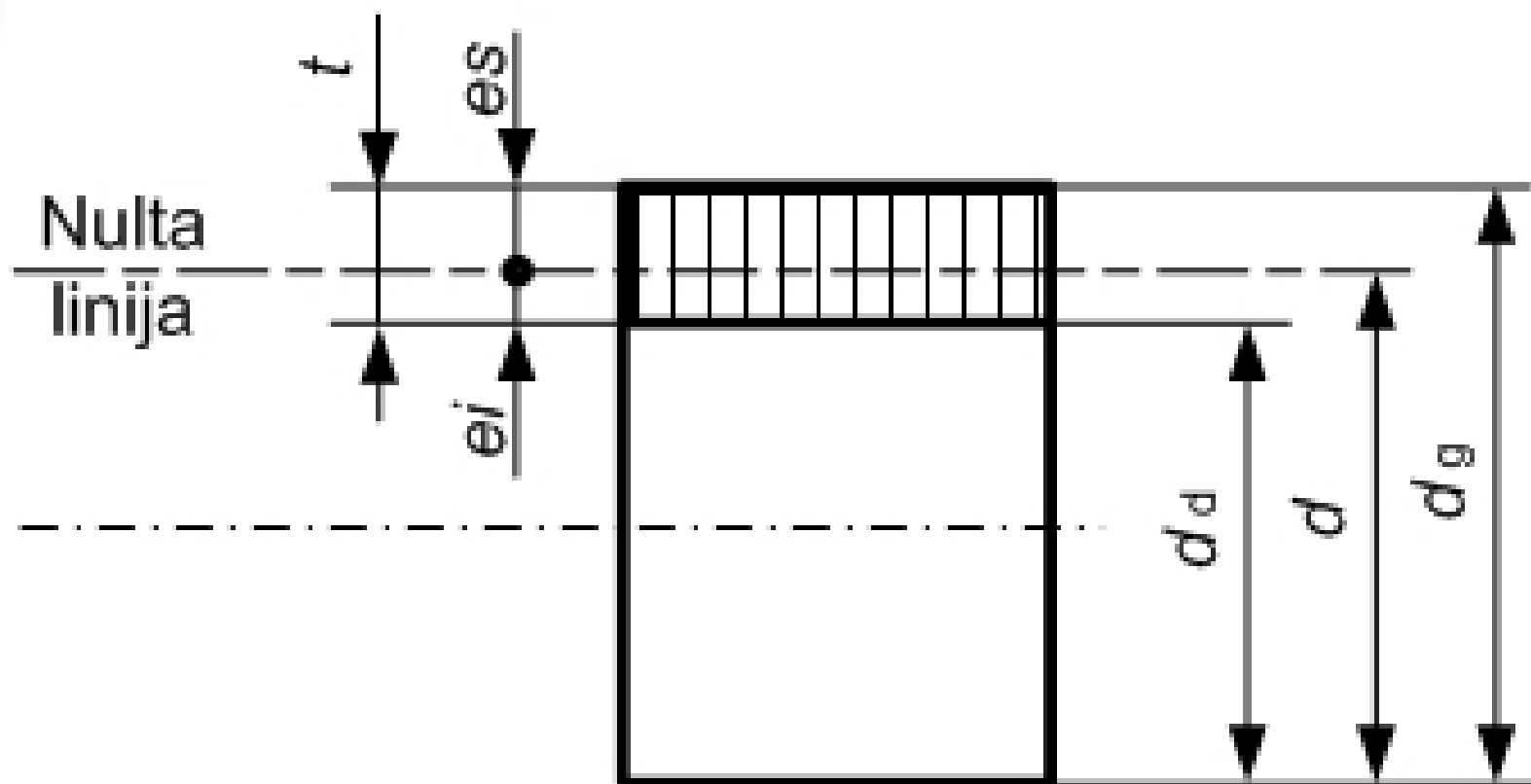
Granične mere (dg, Dg, dd, Dd) su propisane granice između kojih treba da se realizuje odgovarajuća dužinska mera.

Odstupanje je razlika neke od navedenih mera i nazivne mere. Može biti **gornje granično odstupanje** (ecart superieur), koje se označava sa **Es** odnosno **es** i **donje granično odstupanje** (ecart inferieur) koje se obeležava sa **Ei** odnosno **ei**

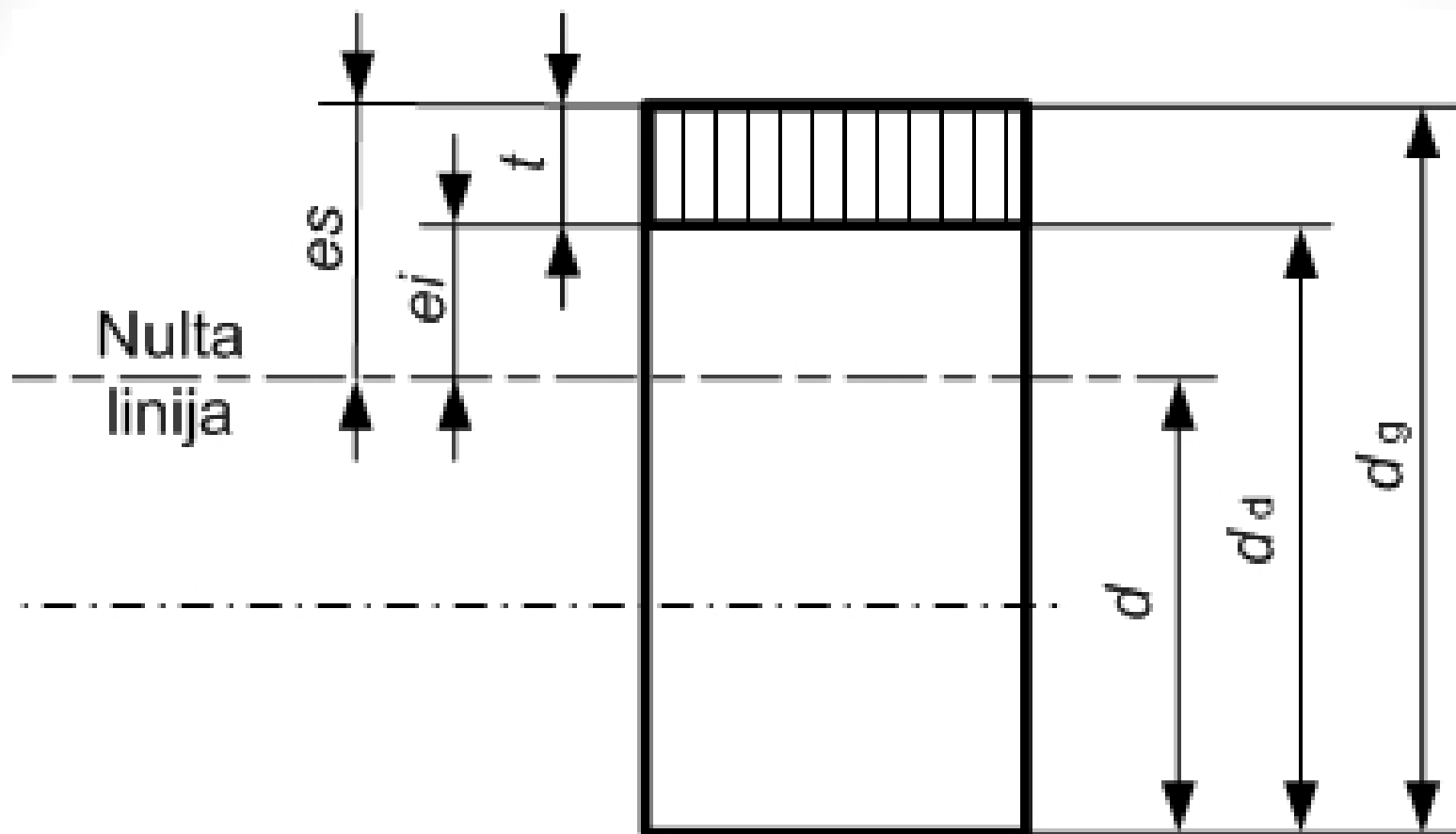
Stvarna mera (ds, Ds) je ona veličina dužinske mere koja se dobija neposrednim merenjem mašinskog dela.



Osnovne veličine kod tolerancija SPOLJAŠNJIH MERA

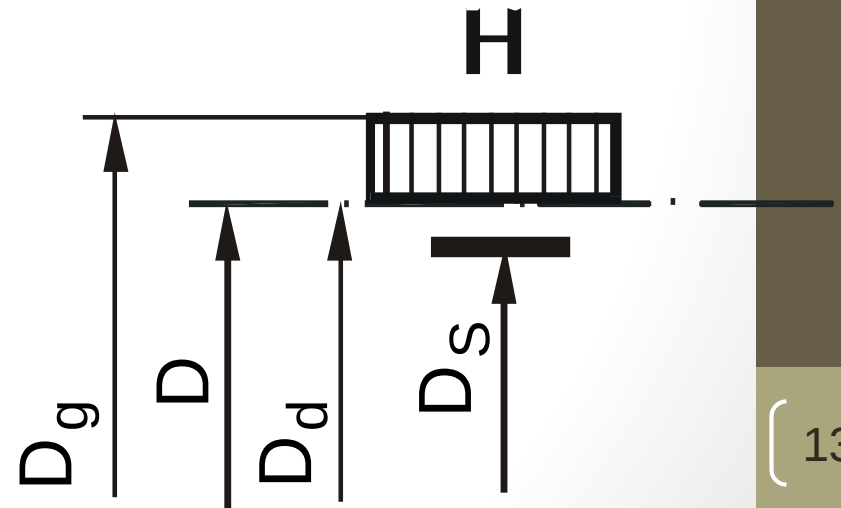
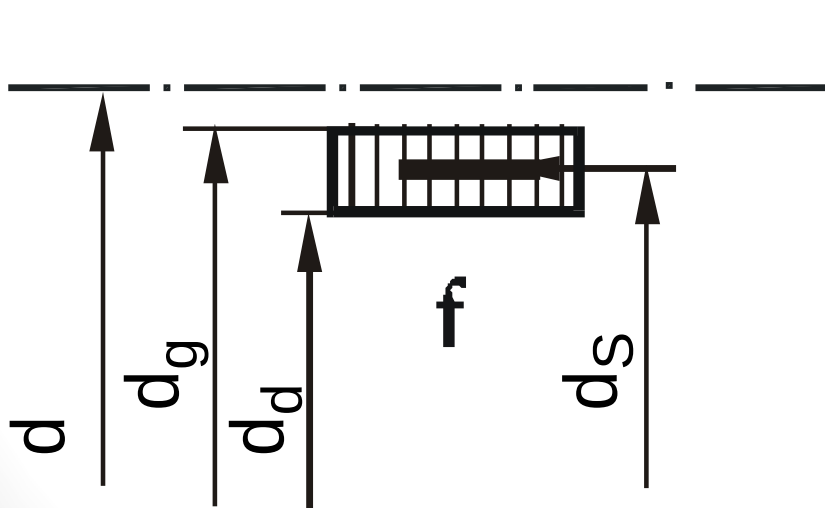


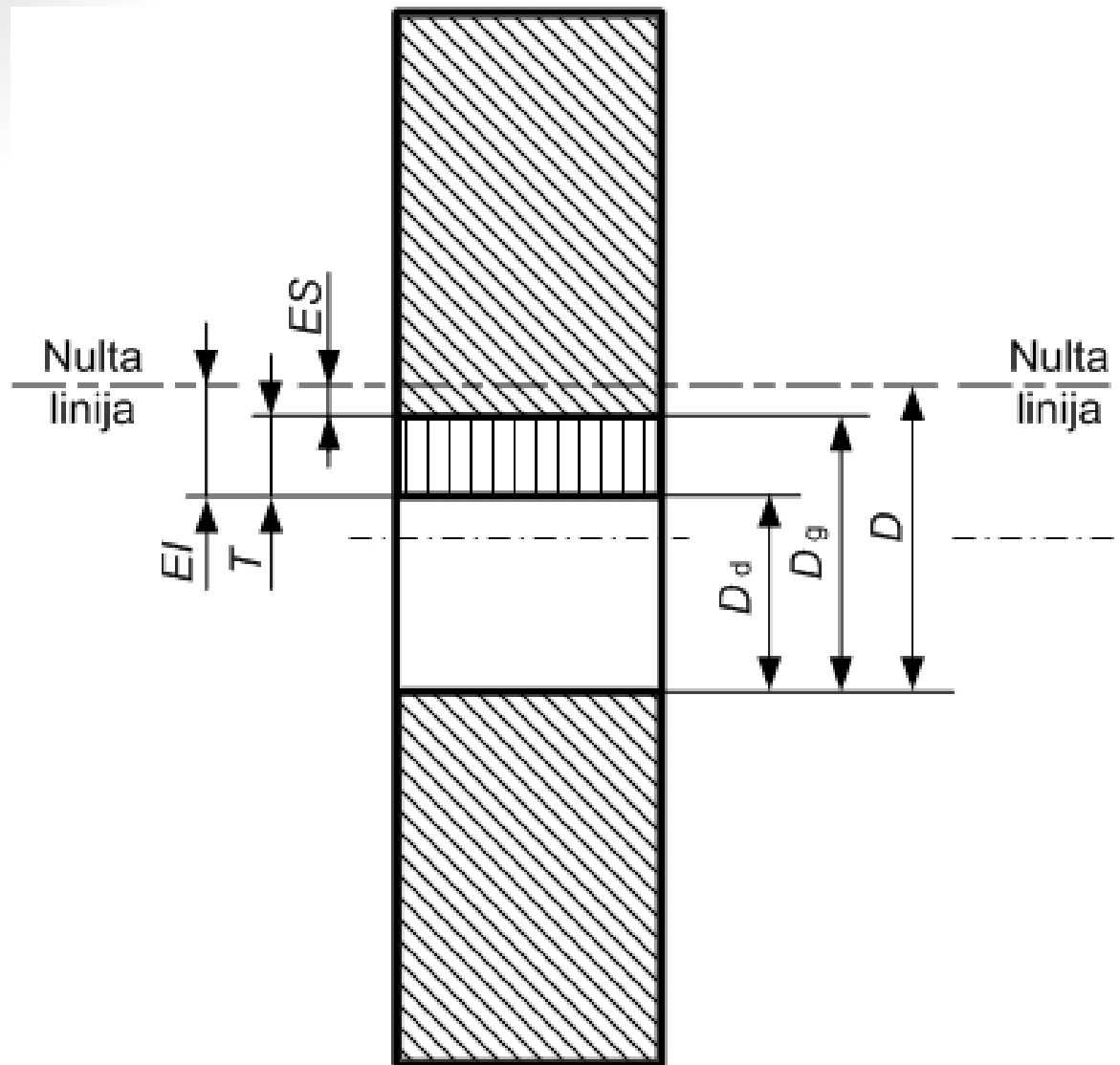
Osnovne veličine kod tolerancija SPOLJAŠNJIH MERA



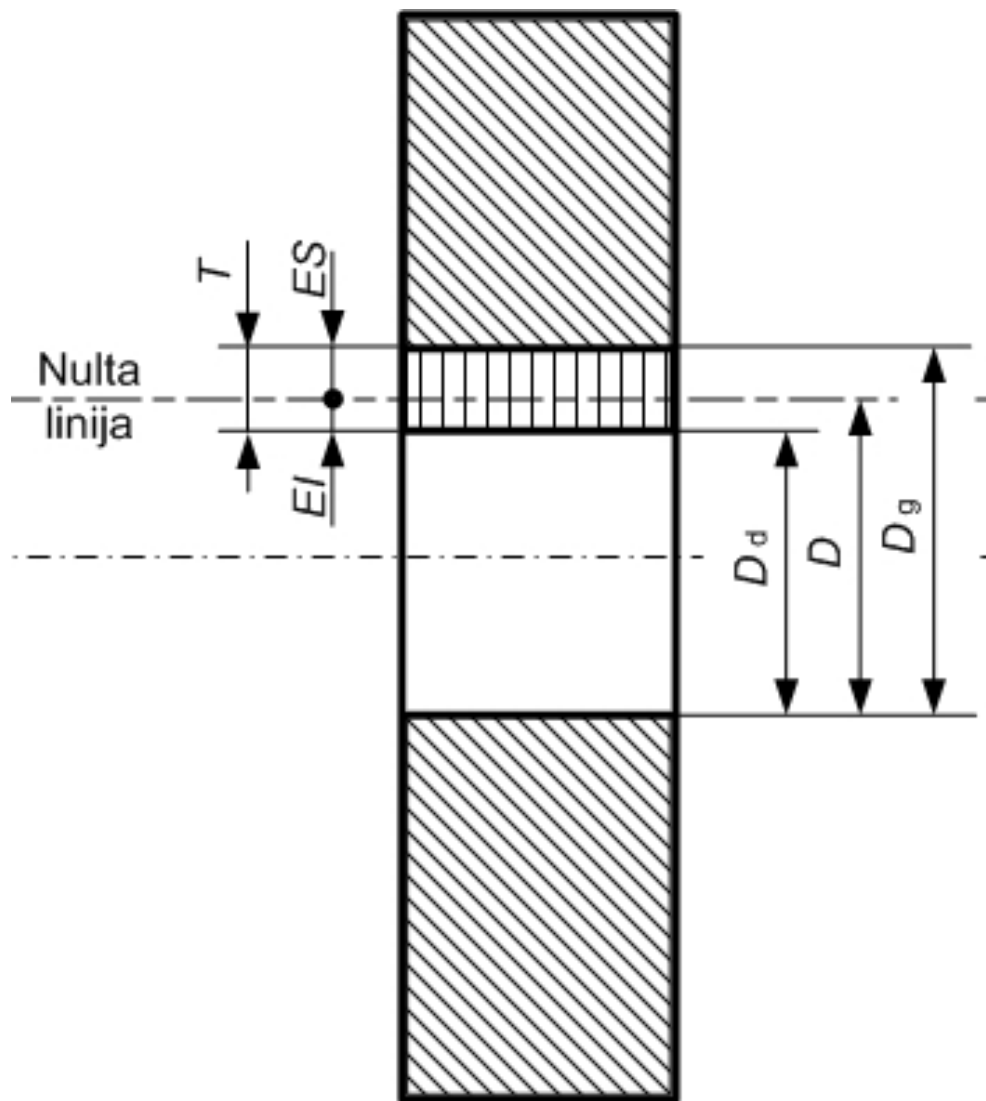
Osnovne veličine kod tolerancija SPOLJAŠNJIH MERA

- Granične mere i veličina tolerancije se određuju na osnovu odstupanja (ISO286 T2).
- Stvarna mera treba da je u granicama tolerancije.

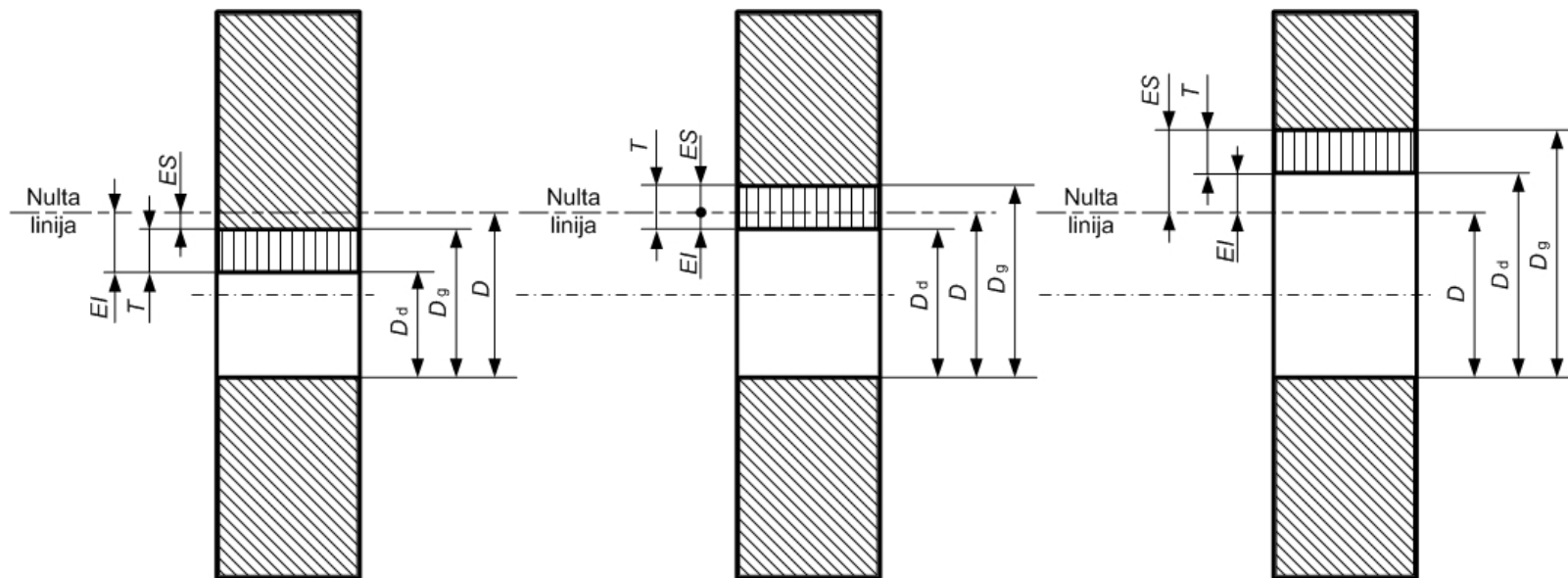




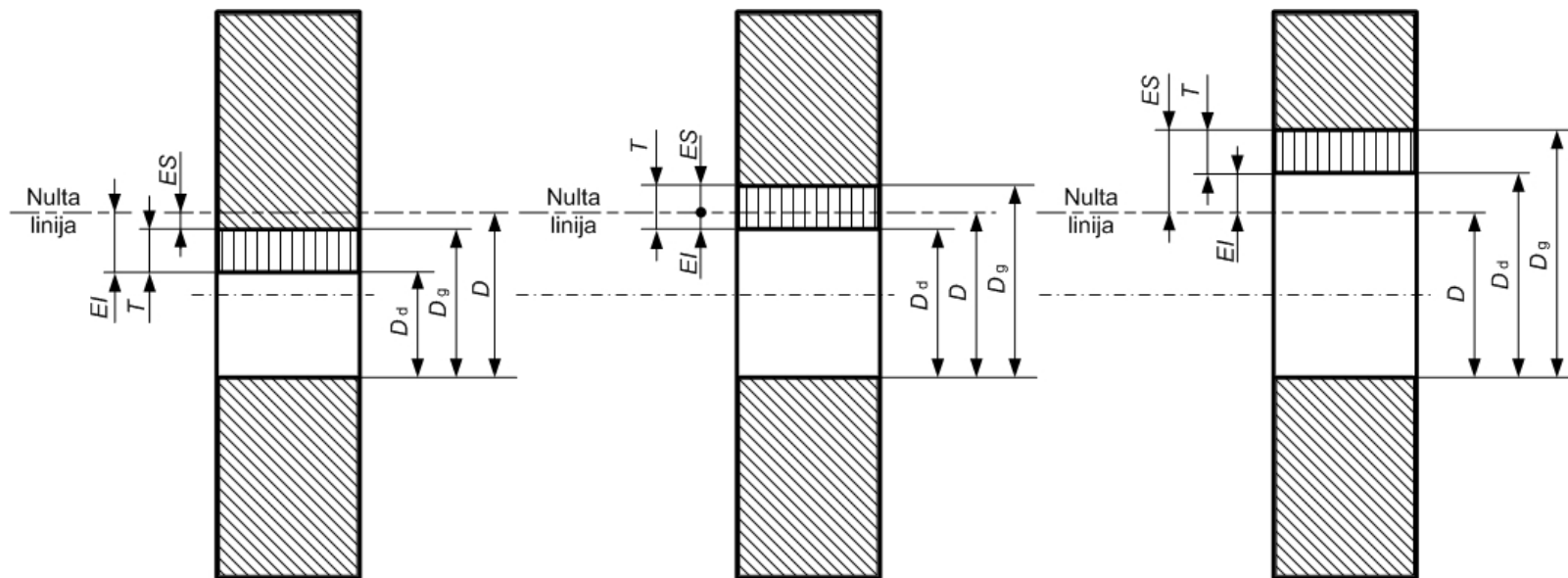
Osnovne veličine kod tolerancija UNUTRAŠNJIH MERA



Osnovne veličine kod tolerancija UNUTRAŠNJIH MERA

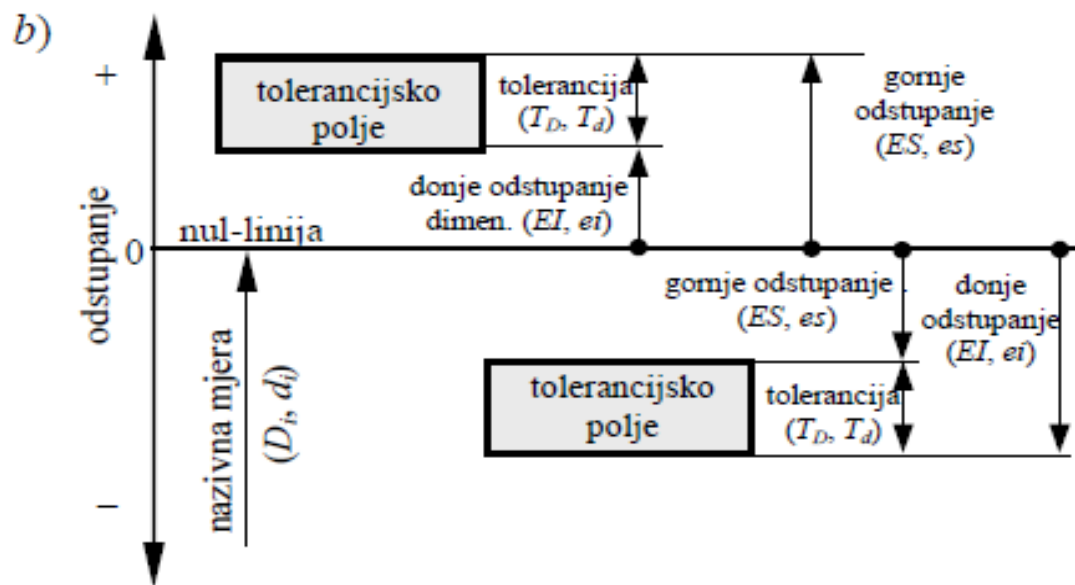
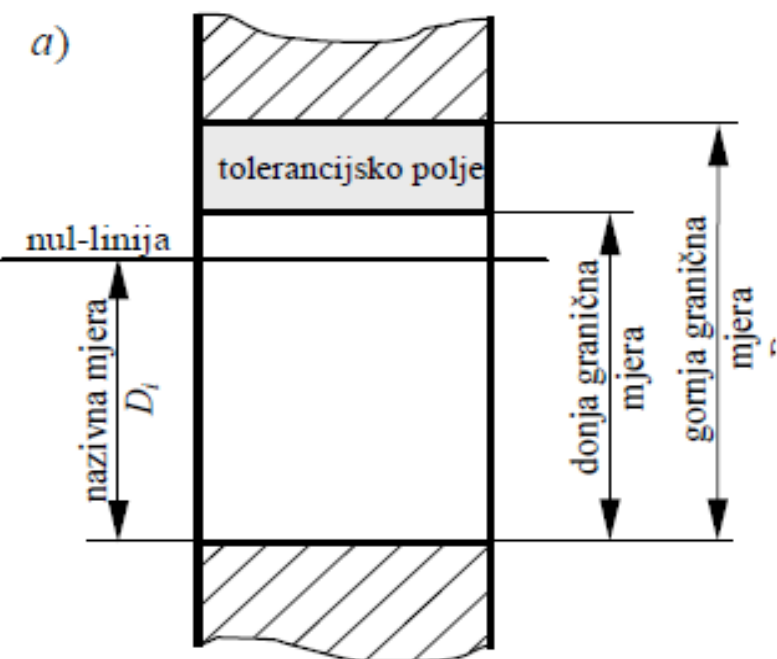


Osnovne veličine kod tolerancija UNUTRAŠNJIH MERA



Osnovne veličine kod tolerancija UNUTRAŠNJIH MERA

Tolerancija je razlika između najvećeg i najmanjeg dopuštenog odstupanja, ili između najveće i najmanje dopuštene mere.



- *Donje odstupanje je algebarska razlika između gornje granične mere i nazivne mjere. Za unutrašnje mere (provrt-rupa) označava se sa EI (A_d), a za spoljašnje mere (osovine) sa ei (a_d).*

$$D_{max}=D_g=D_i+ES$$

$$D_{min}=D_d=D_i+EI$$

$$T=D_{max}-D_{min}=D_g-D_d=ES-EI$$

$$d_{max}=d_g=d_i+es$$

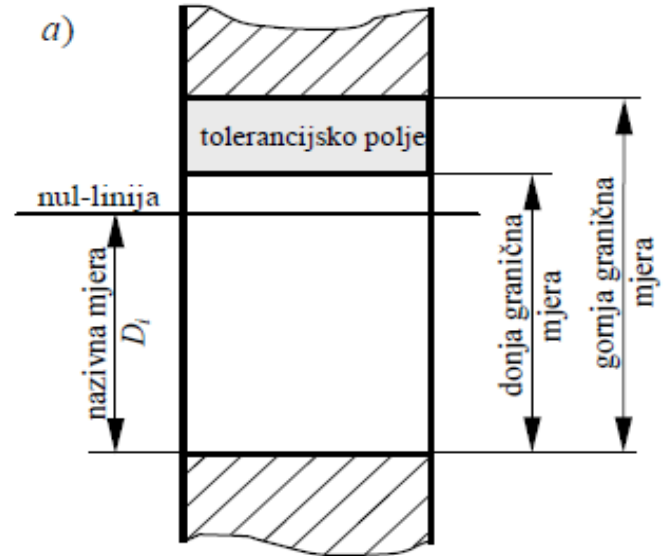
$$d_{min}=d_d=d_i+ei$$

$$t=d_{max}-d_{min}=d_g-d_d=es-ei$$

Ukoliko je stvarna mera van propisanog tolerancijskog polja dobija se neispravan mašinski element.

- Neispravni elementi mogu da se dorade i dovedu u granice propisanih tolerancija, dobra mera*
- U obrnutom slučaju dobija se škart, loša mera*

Tolerancijsko polje



Tolerancijsko polje - polje koje se nalazi između gornje granične i donje granične mjere

Veličina tolerancijskog polja zavisi od izabranog kvaliteta za tačnost mere i označava se sa IT i pripadajućem brojem.

IT01, IT0, IT1, ...IT18 za dimenzije do 500 mm

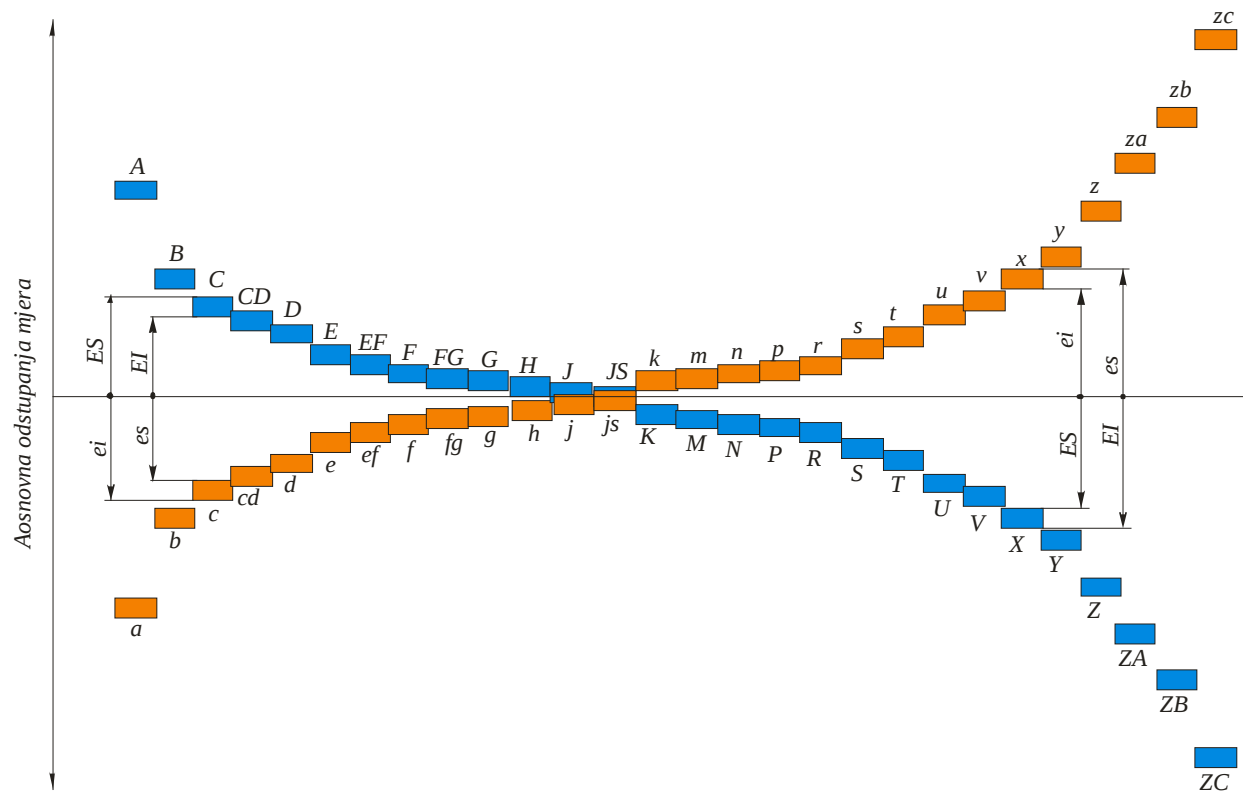
IT6, IT7, IT8, ...IT16 za dimenzije od 500 mm do 3150 mm

Tabela 1.2

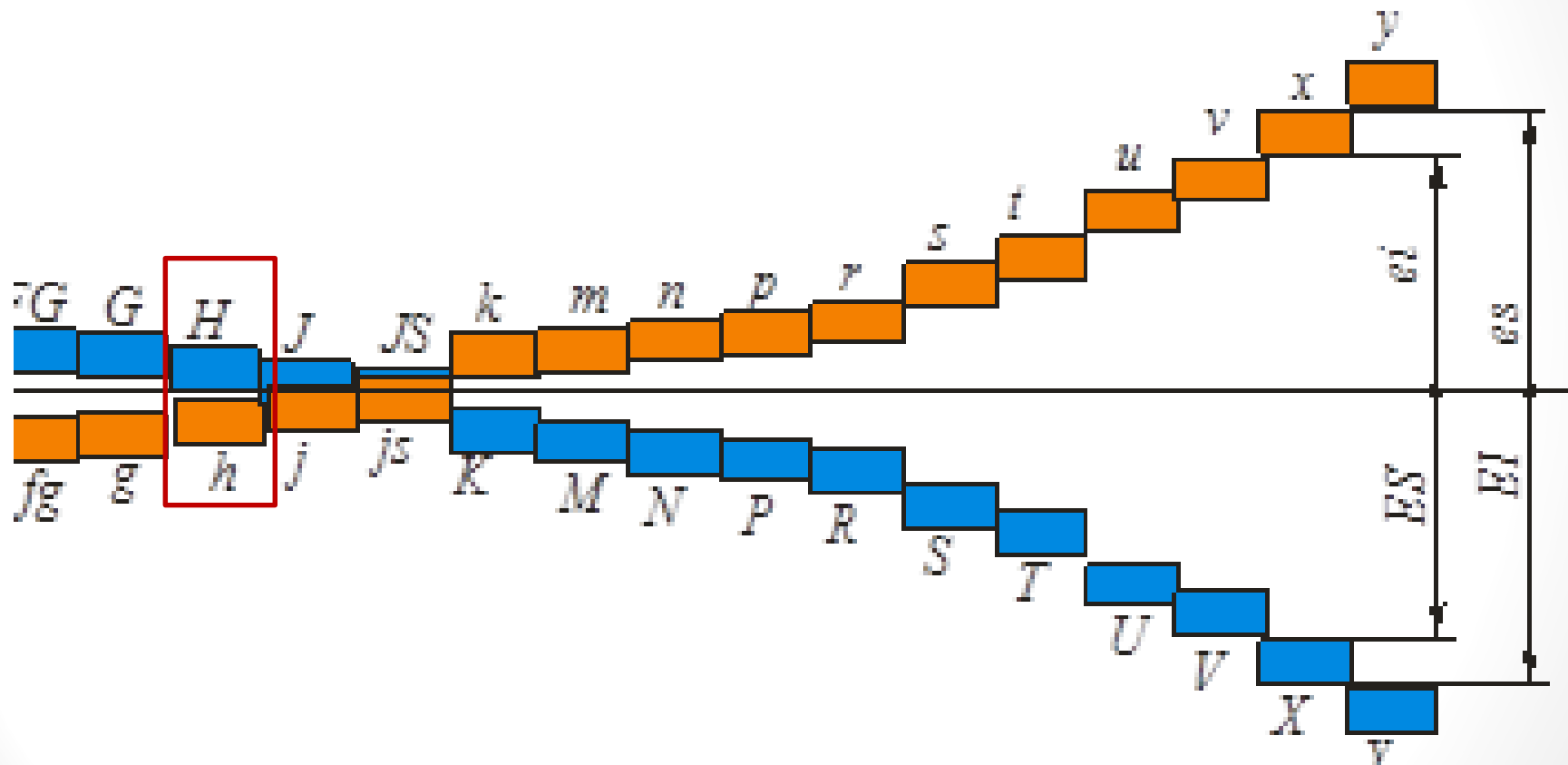
Opće smjernice za izbor kvalitete tolerancija

Područje upotrebe	Kvaliteta tolerancije (IT)																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Mjerni pribor	Precizna mjerila																			
							Mjerila za radioničku kontrolu													
Opća strojogradnja							Najbolja kvaliteta													
							Kvalitetna izrada													
							Srednja izrada													
							Gruba izrada													
														Grube tolerancije za kovane, lijevane i grubo obrađene poluproizvode						

Položaj tolerancijskih polja u odnosu na nultu liniju za rupe i osovine



Položaj tolerancijskih polja u odnosu na nultu liniju za rupe i osovine



TOLERANCIJE MERA

Vrednosti tolerancija

Vrednosti tolerancija i vrednosti nazivnog odstupanja date su tabelarno:

Квали- тет	Ознака толе- ра- нције	Подручје називних мера у мм													Фактор квали- тета
		н и м а д													
		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	
01 IT	01	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4	-
0 IT	0	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6	-
1 IT	1	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	-
2 IT	2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	-
3 IT	3	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	-
4 IT	4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	-
5 IT	5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	7
6 IT	6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	10
7 IT	7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	16
8 IT	8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97	25
9 IT	9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	40
10 IT	10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250	64
11 IT	11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400	100
12 IT	12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630	160
13 IT	13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970	250
14 IT	14	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550	400
15 IT	15	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500	640
16 IT	16	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000	1000
17 IT	17	-	-	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200	5700	6300	1600
18 IT	18	-	-	-	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200	8100	8900	9700	2500

Očitajte tolerancije za:

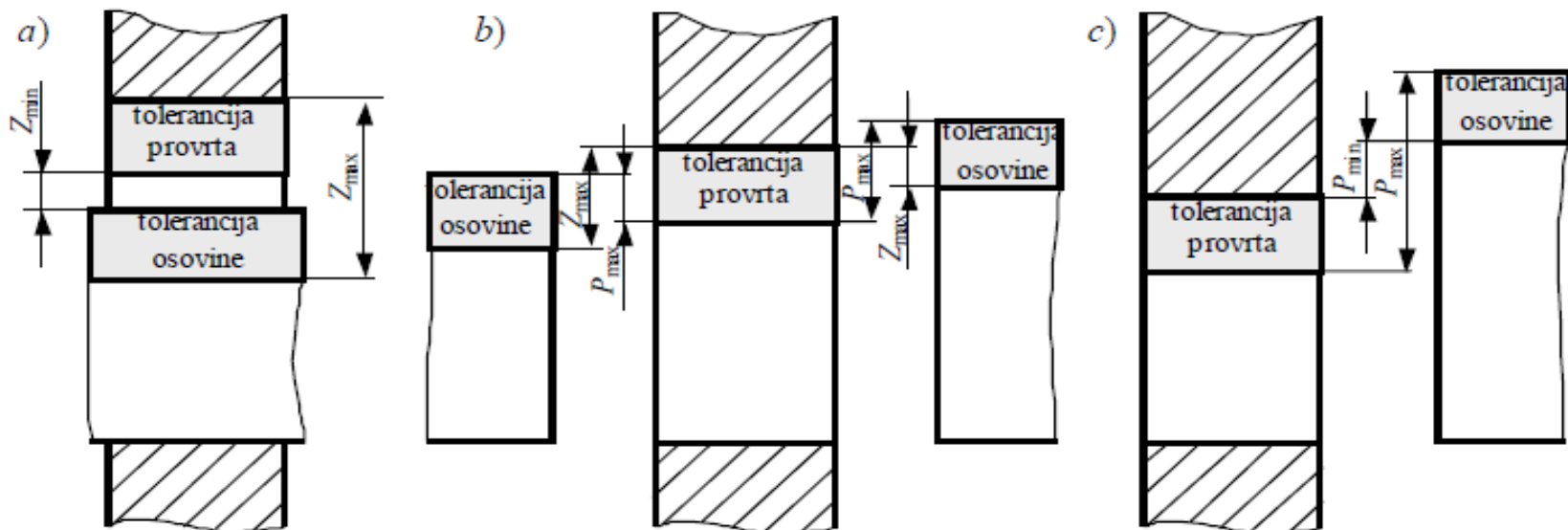
- Ø40H7
- Ø80G8

VRSTE NALEGANJA

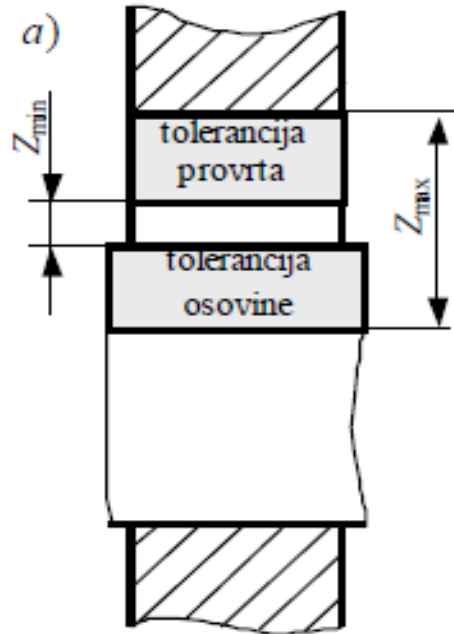
Naleganje je odnos dva mašinska elementa (rupa-osovina), koji imaju jednake nazivne mjere $D=d$

Pri izboru sklopa u pravilu je da je tolerancija osovine uvijek za jednu kvalitetu bolja od kvaliteta provrta – rupe

Prema vrsti naleganja postoje: *a)* labavo naleganje
b) neizvesno naleganje
c) čvrsto naleganje



Labavo naleganje (naleganje sa zazorom)



Kod labavog naleganja stvarna mera otvora uvek je veća od stvarne mere osovine

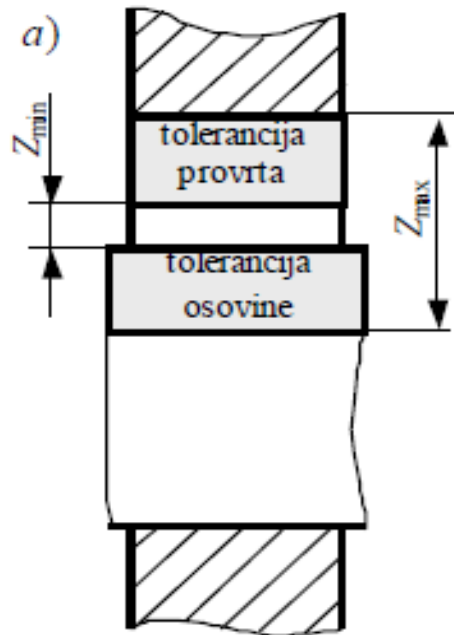
$$D_s > d_s$$

Kod ove vrste naleganja uvek postoji zazor između sastavljenih elemenata

$$Z = D_s - d_s$$

Gornja granična mera osovine uvek je manja od donje granične mere rupe - provrta

Labavo naleganje



Obavezno se računa maksimalni i minimalni zazor ove vrste naleganja

Maksimalni zazor

$$Z_{max} = Z_g = D_g - d_d = ES - ei > 0$$

Minimalni zazor

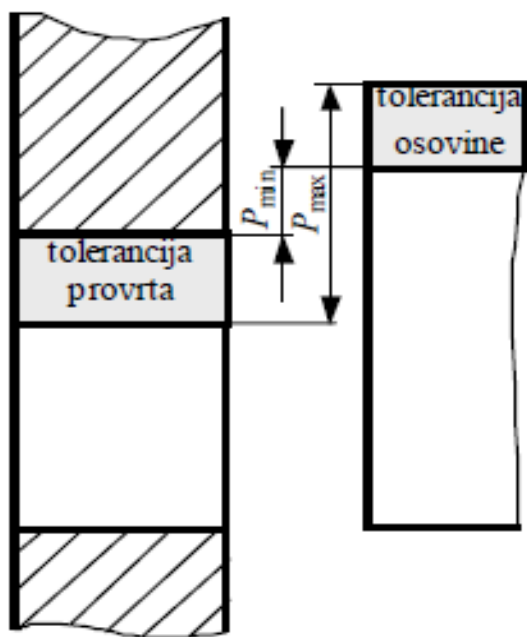
$$Z_{min} = Z_d = D_d - d_g = EI - es > 0$$

Stvarni zazor $Z = D_s - d_s > 0$

Tolerancija naleganja je:

$$T_n = Z_g - Z_d = T + t$$

Čvrsto naleganje (naleganje sa preklopom)



stvarna mera otvora uvek je manja od stvarne mere osovine

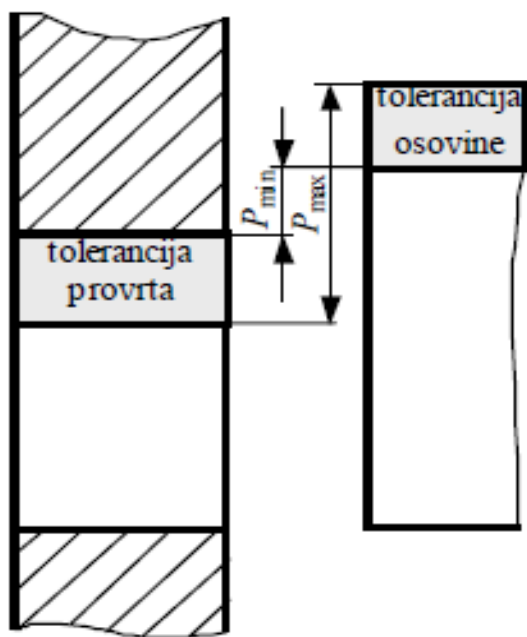
$$D_s < d_s$$

Kod ove vrste naleganja uvek postoji preklop između sastavljenih elemenata

Donja granična mjera osovine uvek je veća od gornje granične mere rupe-provrta

Obavezno se računa maksimalni i minimalni preklop ove vrste naleganja

Čvrsto naleganje



Maksimalni preklop

$$P_{max} = D_d - d_g = EI - es < 0$$

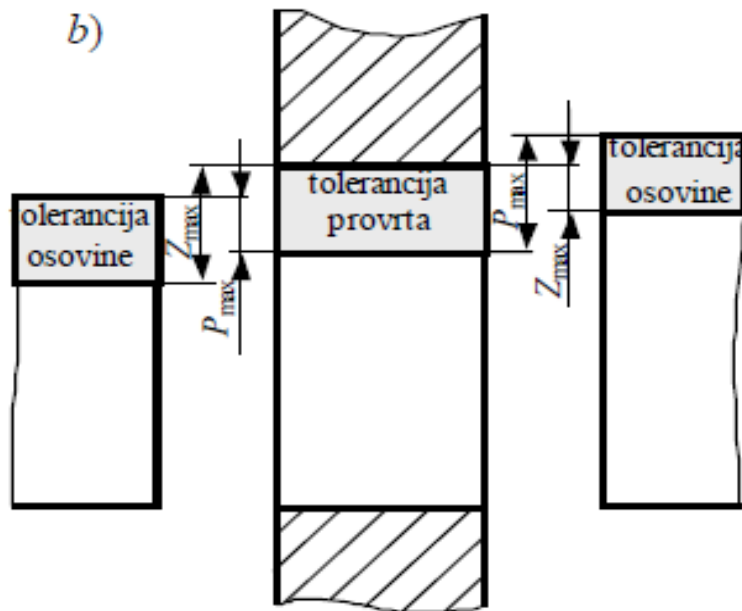
Minimalni preklop

$$P_{min} = D_g - d_d = ES - ei < 0$$

Ovakav spoj se ostvaruje ili zagrevanjem čaure ili hlađenjem osovine

$$T_n = P_g - P_d = es - (ei - ES) = es - ei + ES$$

Neizvesno naleganje



Kod ove vrste naleganja može da postoji zazor ili preklop između sastavljenih elemenata

Obavezno se računa maksimalni zazor i maksimalni preklop ove vrste naleganja

Maksimalni zazor

$$Z_{max} = D_g - d_d = ES - ei > 0$$

Minimalni preklop

$$P_{max} = D_d - d_g = EI - es < 0$$

Iz ekonomskih razloga je preporučljivo, da se postizanje različitih sklopova ne biraju proizvoljno nego se primenjuje sistemi naleganja i to:

- *sistem zajedničke rupe-provrta,*
- *- sistem zajedničke osovine.*

Sistem zajedničke rupe-provrta

Kod ovog sistema naleganja sve dimenzije rupe imaju jednak položaj tolerancijskog polja „H“, bez obzira na vrstu naleganja. Tolerancijsko polje „H“ nalazi se iznad nulte linije, pa je najmanja mera rupe uvijek jednaka nazivnoj mjeri $D_{min}=D_d=D$. Donje odstupanje je uvek jednako nuli ($EI=Ad=0$), a gornje odstupanje jednako toleranciji $ES=T$. Tolerancijsko polje osovine bira se s obzirom na željenu vrstu naleganja.

Sistem zajedničke osovine

Kod ovog sistema naleganja sve dimenzije rupe imaju jednak položaj tolerancijskog polja „h“, bez obzira na vrstu naleganja. Tolerancijsko polje „h“ nalazi se ispod nulte linije, pa je najveći mera osovine uvek jednaka nazivnoj meri $d_{max}=d_g=d$. Gornje odstupanje je uvijek jednako nuli ($es=ag=0$), a donje odstupanje jednako toleranciji $ei=t$. Tolerancijsko polje osovine bira se s obzirom na željenu vrstu naleganja.

Složena tolerancija

- Tolerancija složene mere je kombinacija dveju ili više pojedinačnih mera. Složena tolerancija jednaka je zbiru tolerancija pojedinačnih mera.

