

# TOLERANCIJE MAŠINSKIH DELOVA

## Tolerancije

Dozvoljena odstupanja mera, oblika i glatkosti površina mašinskih delova nazivaju se tolerancije. 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. Zbog toga se u cilju obezbeđenja funkcije mašinskog dela u fazi projektovanja unapred propisuju odgovarajuće tolerancije pojedinih karakteristika u skladu sa namenom i funkcijom mašinskog dela, kao i troškovima proizvodnih procesa.

Dozvoljena odstupanja se kod mašinskih delova odnose na:

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

# TOLERANCIJE MAŠINSKIH DELOVA

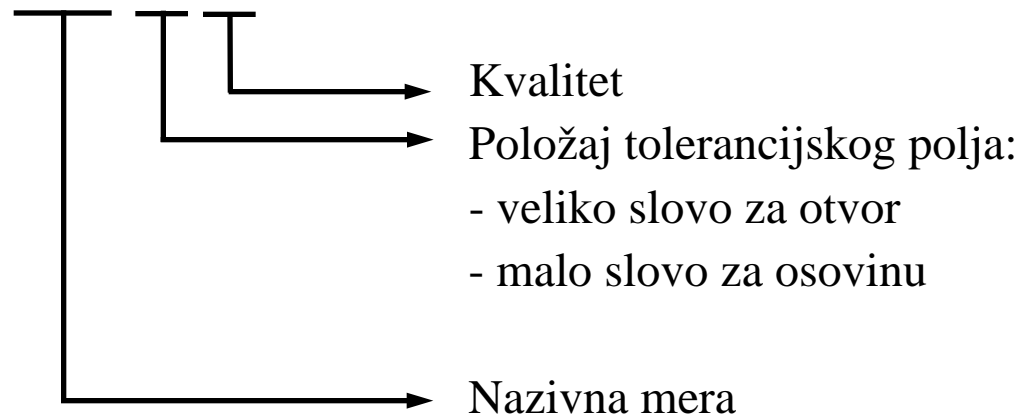
## Tolerancije mera (JUS ISO 286)

Dozvoljena odstupanja kod mera odnose se na tolerancije nazivnih spoljašnjih mera (kod osovina), unutrašnjih mera (kod otvora) i dužinskih (neodređenih) mera i daju se u ISO sistemu tolerancija.

Prema ovom sistemu položaj tolerancijskog polja označava se za osovine malim slovom, a za otvor velikim, a kvalitet tolerancije brojem koji se upisuje iza ovog slova. Uvrednjavanje tolerisanih mera se vrši tako što se iza nazivne vrednosti mere stavlja oznaka za toleranciju:

$\phi 40 H 7$

$\phi 40 f 7$

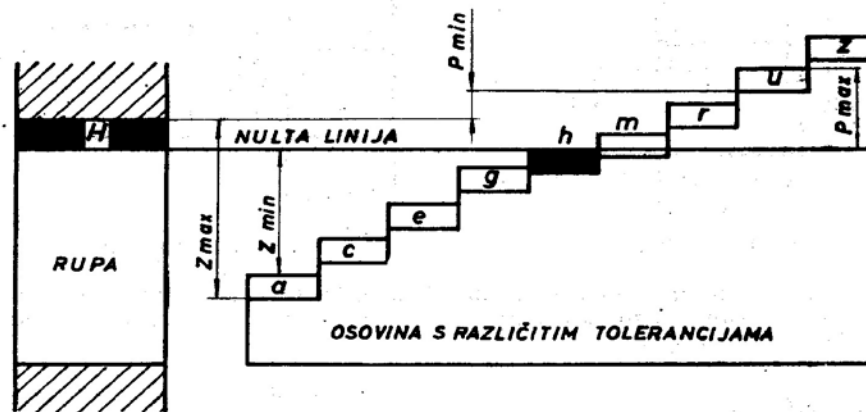


# TOLERANCIJE MERA

## Sistemi naleganja

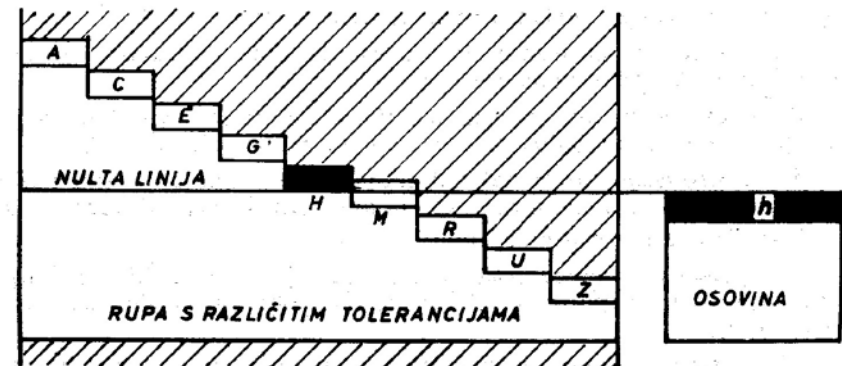
Nazivna mera služi kao osnova za definisanje graničnih mera i odstupanja.

Položaj tolerancijskog polja zavisi od izabranog sistema naleganja:



sistem osnovne rupe

sistem osnovne osovine



# TOLERANCIJE MERA

## Vrednosti tolerancija

Vrednosti tolerancija i vrednosti nazivnog odstupanja date su tabelarno:

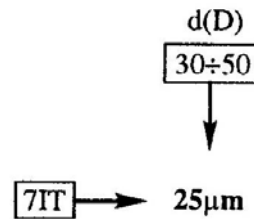
Квали- тет	Ознака толера- нције	Подручје називних мера у мм												Фактор квали
		и з н а д												
		3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	345	400	



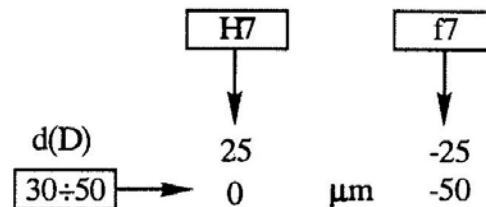
# TOLERANCIJE MERA

## Vrednosti tolerancija

Za nazivnu meru  $\phi 40$  i kvalitet tolerancije IT7 veličina tolerancijskog polja iznosi  $T=25\mu\text{m}$ :



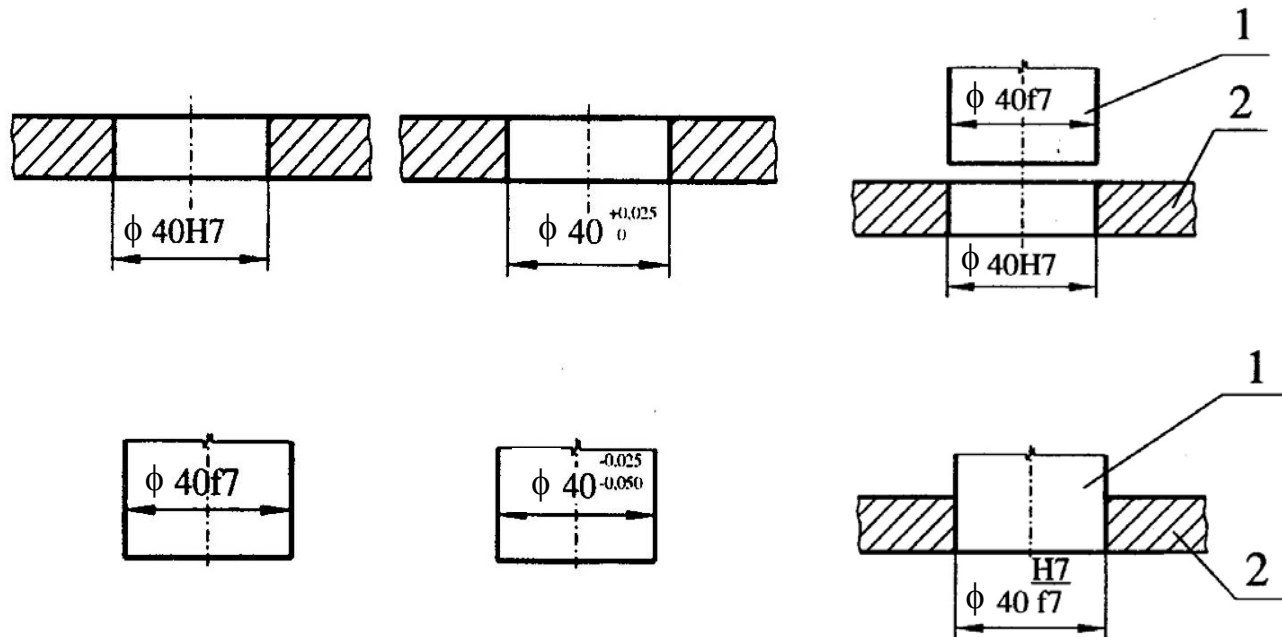
tako da se za izabrano naleganje H7/f7 u sistemu tolerisane unutrašnje i spoljašnje mere dobijaju granična odstupanja:



# TOLERANCIJE MERA

## Upisivanje tolerancija

Ovako definisane tolerisane unutrašnje i spoljašnje mere se u crtež upisuju slovnim oznakama ili brojčano:

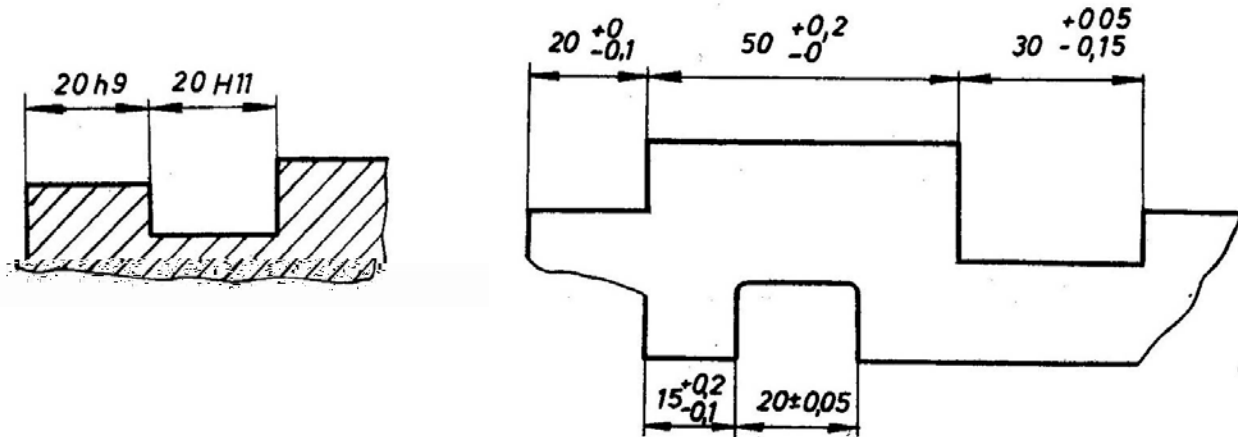




# TOLERANCIJE MERA

## Upisivanje tolerancija

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

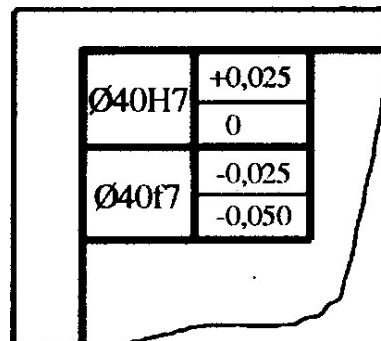


pri čemu kod brojčanog unosa vrednosti odstupanja mogu da se daju na različite načine, ali tako da uvek gornja vrednost predstavlja gornje odstupanje, a donja donje.

# TOLERANCIJE MERA

## Upisivanje tolerancija

Ukoliko se tolerancija mere upisuje slovniim oznakama prema ISO standardu potrebno je u gornjem levom uglu radioničkog crteža dati tablicu sa preračunatim vrednostima graničnog odstupanja:



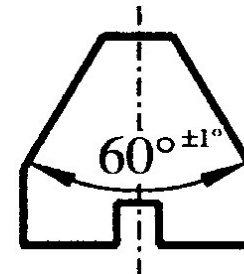
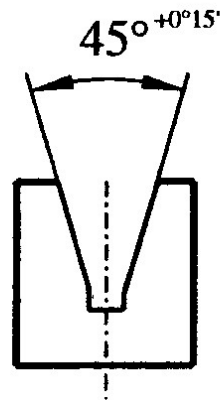
Ø40H7	+0,025
	0
Ø40f7	-0,025
	-0,050



# TOLERANCIJE MERA

## Tolerancije lučnih mera

Tolerisana lučna mera mora da sadrži vrednosti odstupanja od nazivne mere izražene u stepenima i minutima:

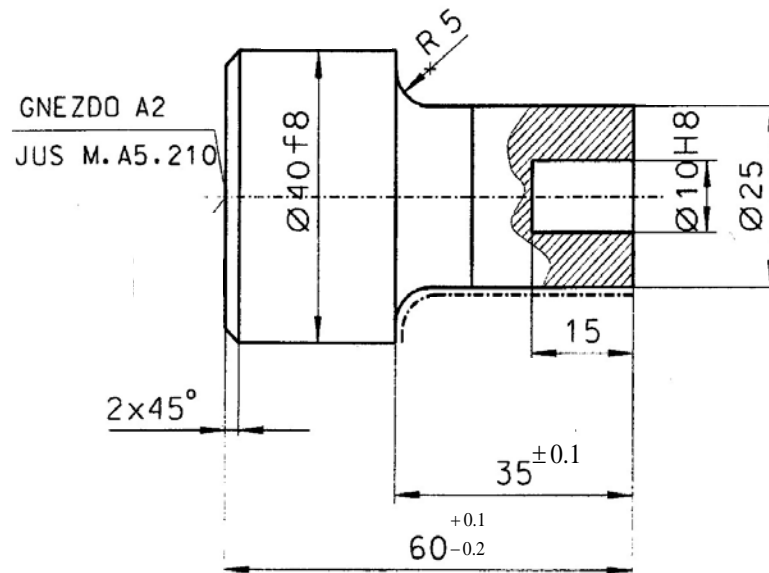


# TOLERANCIJE MERA

## Praktični primeri upisivanja tolerancija

Na isti način, slovno i brojačno, unose se i tolerancije dužinskih mera:

$\varnothing 10H8$	+0.022
	0
$\varnothing 40f8$	-0.025
	-0.064

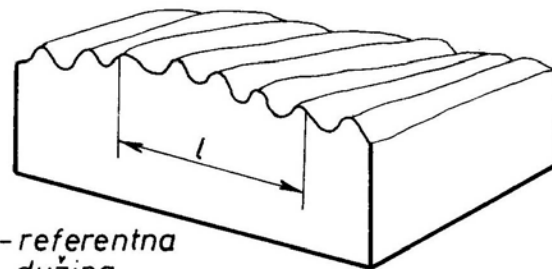


# TOLERANCIJE MAŠINSKIH DELOVA

## Tolerancije glatkosti površine (JUS ISO 1302)

Neravnine na površini mašinskog dela ne mogu se izbeći, jer nastaju kao posledica primene odgovarajućeg postupka izrade. Prema stepenu nepravilnosti određuje se kvalitet obrađene površine koji utiče na smanjenje trenja kod kliznih površina, sprečavanje pojave koncentracije napona, hermetičnost, otpornost na koroziju i konačno estetski izgled proizvoda. Za određenu površinu se u odnosu na njenu funkciju definiše optimalan kvalitet obrade, jer se zahtevima za finije obrađenim površinama poskupljuje proizvodnja.

Ukoliko se obrađena površina u poprečnom preseku uveća mogu da se uoče mikrogeometrijske nepravilnosti površine u odnosu na geometrijski idealno ravnu površinu.



*l* - referentna dužina

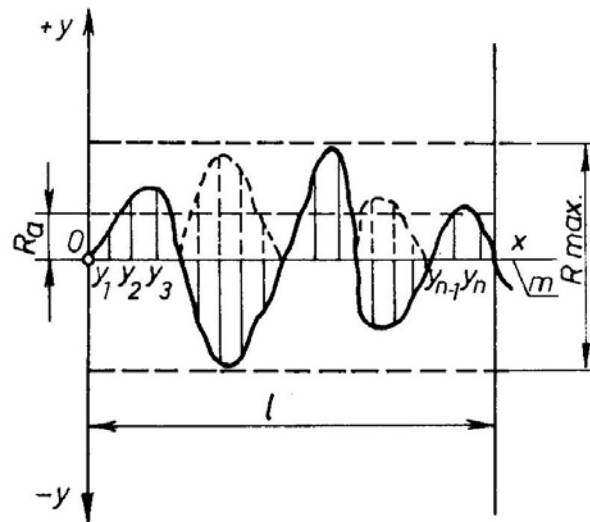
# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Kvalitet obrade površine

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

$$R_a \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

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



# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Klase površinske hrapavosti

Na osnovu  $R_a$  površinska hrapavost mašinskih delova se razvrstava u 12 klasa hrapavosti:

$R_{a\max}$ ( $\mu\text{m}$ )	broj klase površinske hrapavosti
0,025	N1
0,050	N2
0,1	N3
0,2	N4
0,4	N5
0,8	N6
1,6	N7
3,2	N8
6,3	N9
12,5	N10
25	N11
50	N12

Manji broj odražava finiji kvalitet obrađene površine.







# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Veza ISO tolerancija i klasa površinske hrapavosti

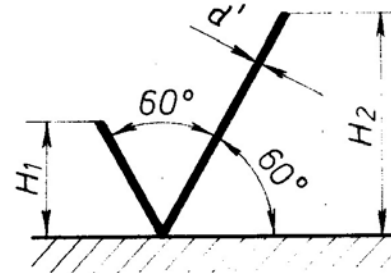
Između klasa ISO tolerancija i klasa površinske hrapavosti mašinskih delova postoji uzajamna zavisnost:

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

# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Oznaka kvaliteta obrađene površine

Utvrđena klasa površinske hrapavosti se u tehnički crtež unosi pomoću standardom utvrđenih oznaka. Osnovna oznaka za označavanje kvaliteta obrađene površine mašinskog dela se sastoji od dva kraka pravih linija pod uglom od  $60^\circ$  u obliku kukice:



sa osnovnim merama koje zavise od formata crteža:

visina $H_1$	5	7	10	14	20	28
visina $H_2$	10	14	20	28	40	56
deblina linije za oznaku ( $d'$ )	0,25	0,35	0,5	0,7	1,1	1,6
visina oznaka i velikih slova ( $h$ )	3,5	5	7	10	14	20

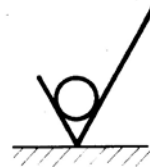
# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Oznaka kvaliteta obrađene površine

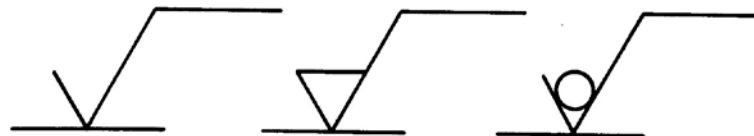
Ukoliko se radi o površi koja se obrađuje skidanjem strugotine koristi se osnovna kukica u zatvorenom obliku:



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

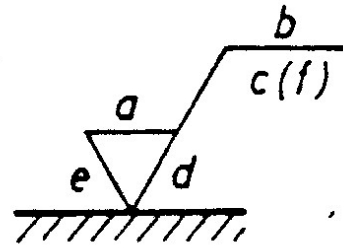


Kada je potrebno dopisivanje nekih dopunskih oznaka, dužem kraku bilo kog oblika kukice se dodaje nastavak u obliku horizontalne linije čija dužina zavisi od dužine dopunske oznake:



# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Zbirni znak za dodatne oznake

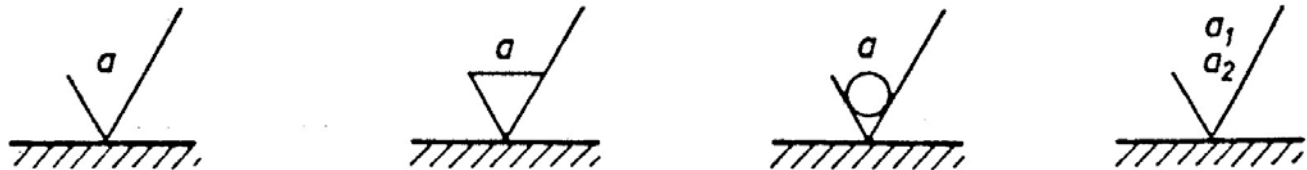


- a** – vrednost hrapavosti  $R_a$  u mikrometrima  
ili broj klase hrapavosti N1 do N12
- b** – metod proizvodnje, postupak ili prevlaka
- c** – referentna dužina
- d** – pravac prostiranja neravnina
- e** – dodatak za mašinsku obradu
- f** – drugi kriterijumi hrapavosti ( $R_z, R_{max}$ )

# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Oznaka površinske hrapavosti

Vrednosti površinske hrapavosti se dodaju oznakama kvaliteta obrađene površine na sledeći način:



Kada je naznačena samo jedna vrednost ona predstavlja maksimalnu dozvoljenu vrednost površinske hrapavosti izraženu glavnim kriterijumom hrapavosti  $R_a$  ili odgovarajućom klasom hrapavosti (na primer:  $a=N9$  ili  $a=6,3$ ).

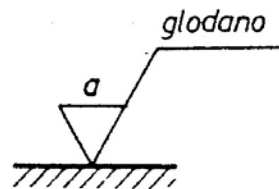
Ako se naznačuju najveća i najmanja granična vrednost glavnog kriterijuma prikazuju se obe vrednosti i to tako da vrednost finijeg kvaliteta obrade ( $a_1$ ) bude iznad vrednosti grublje obrade ( $a_2$ ) (na primer:  $a_1=1,6$  i  $a_2=6,3$ , odnosno  $a_1=N7$  i  $a_2=N9$ ).



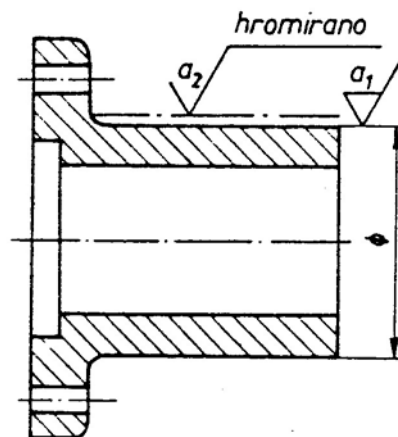
# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Oznake specijalnih karakteristika površinske hrapavosti

Ako se zahteva da se konačna površinska hrapavost ostvari jednim određenim postupkom obrade, onda se taj postupak dopiše na produžetku dužeg kraka znaka:



Na ovom produžetku daju se i oznake koje se tiču određenog postupka ili prevlake:

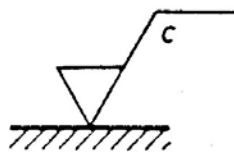




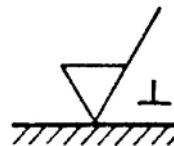
# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Oznake specijalnih karakteristika površinske hrapavosti

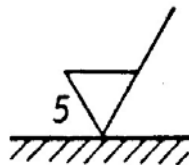
Ako je neophodno označavanje referentne dužine, ona se bira iz niza standardnih brojeva i postavlja ispod produžetka dužeg kraka znaka:



Ako je neophodno utvrditi pravac prostiranja neravnina koje ostaju na površini materijala kao posledica primenjenog postupka obrade, onda se unosi odgovarajuća oznaka:

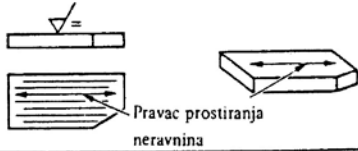
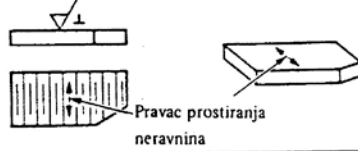
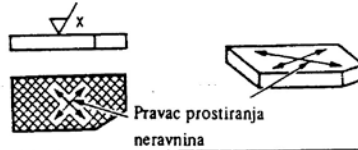
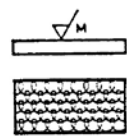
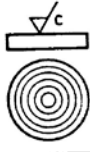



Gde je potrebno da se naznači vrednost dodatka za mašinsku obradu upisuje se oznaka:



# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

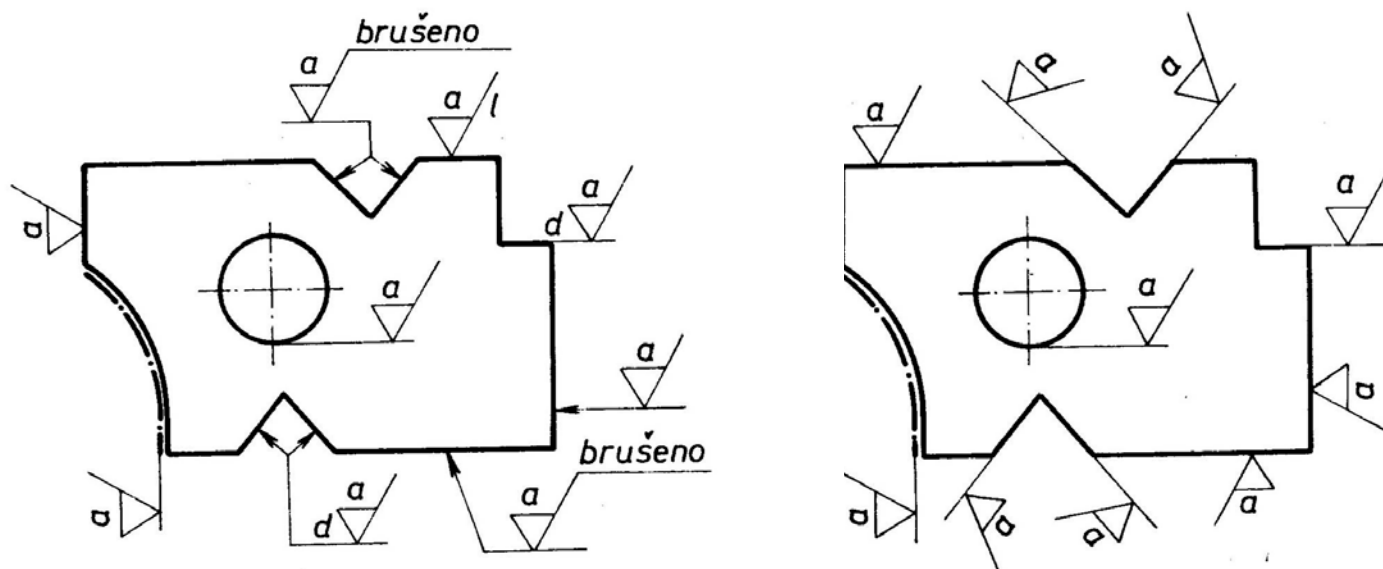
## Znaci pravca prostiranja neravnina

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

# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Označavanje na crtežima

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



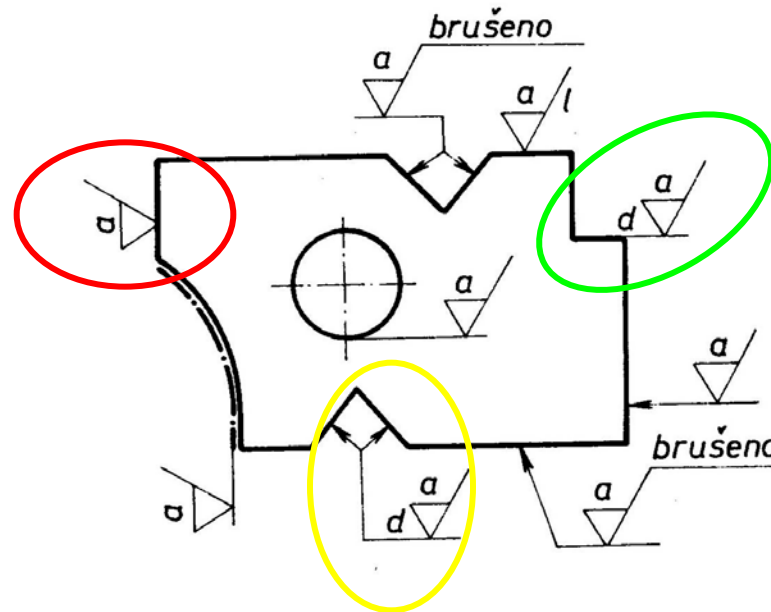
Ukoliko se uz oznaku upisuje samo vrednost površinske hrapavosti tada oznaka može biti u bilo kom položaju, ali sama vrednost mora biti orijentisana tako da bude čitljiva odozdo i sa desne strane.

# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Označavanje na crtežima

Oznaka se dovodi u vezu sa površinom na koju se odnosi:

- **direktno**
- **linijom produžetka površine i**
- **vodećom linijom**

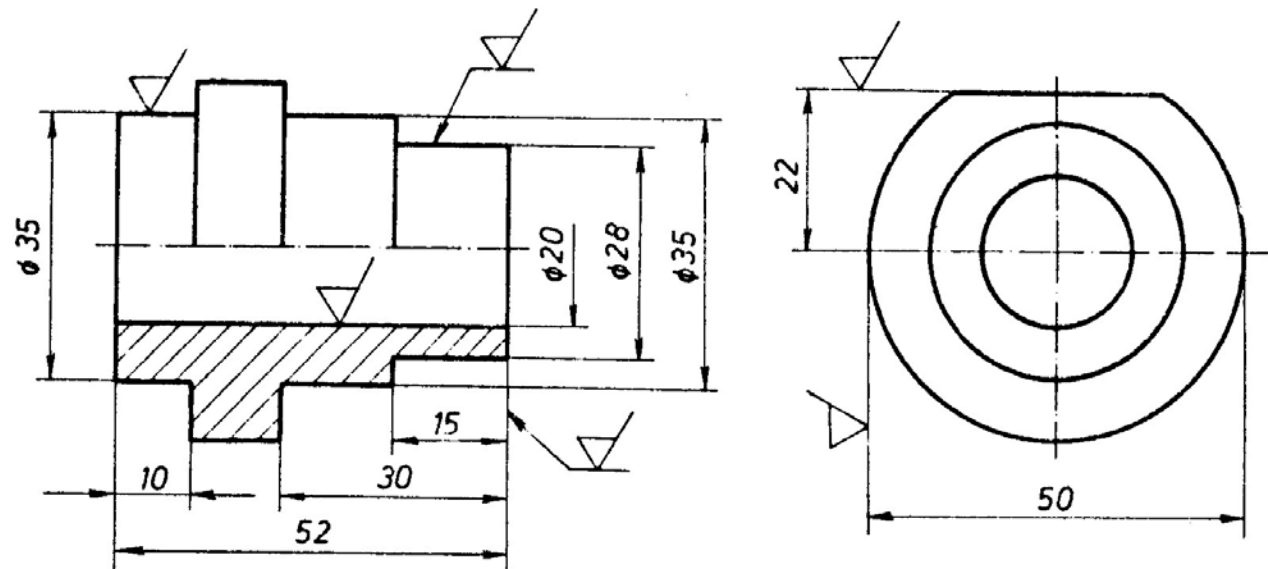


Oznaka i strelica moraju svojim vrhom da priđu površini sa spoljne strane predmeta.

# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Označavanje na crtežima

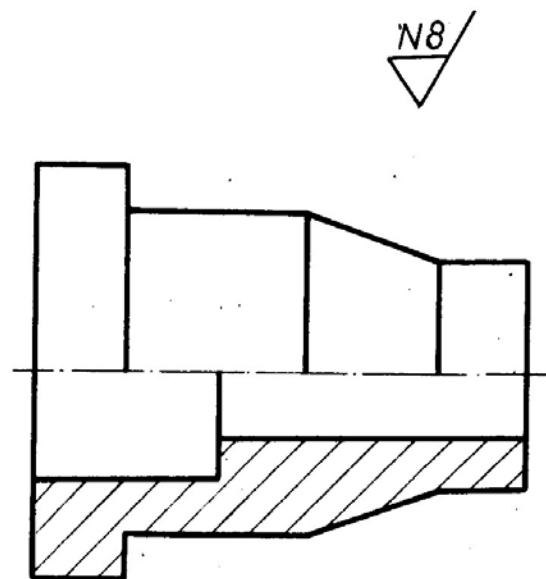
Znak za površinsku obradu se koristi samo jednom za jednu površinu i to u projekciji u kojoj je ta površina dimenzionisana:



# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Označavanje na crtežima

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

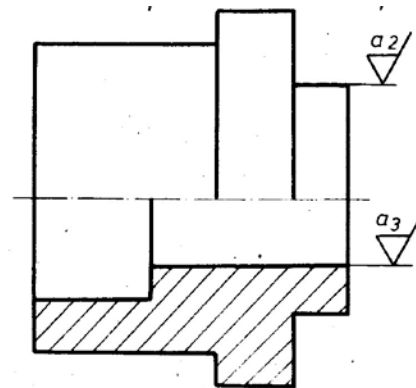
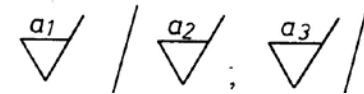




# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Označavanje na crtežima

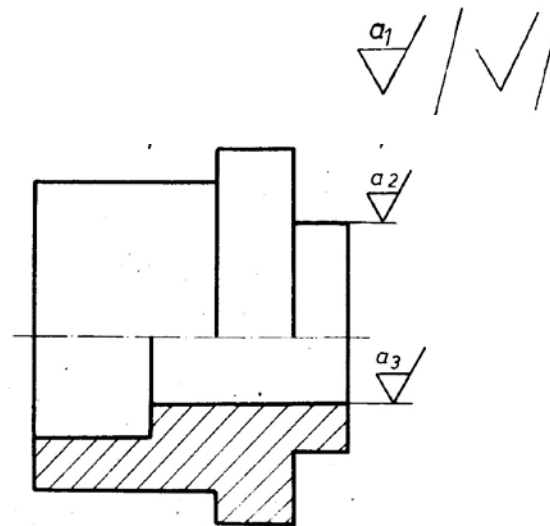
Ako se zahteva ista hrapavost na većem broju površina onda se ona propisuje zbirnim znakom u desnom gornjem uglu crteža. Između dve kose crte upisuju se ostali stepeni hrapavosti koji se odnose na druge površine prema rastućim brojevima, odnosno grubljim obradama, a te oznake se takođe moraju ucrtati i na odgovarajućim mestima u crtežu:



# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Označavanje na crtežima

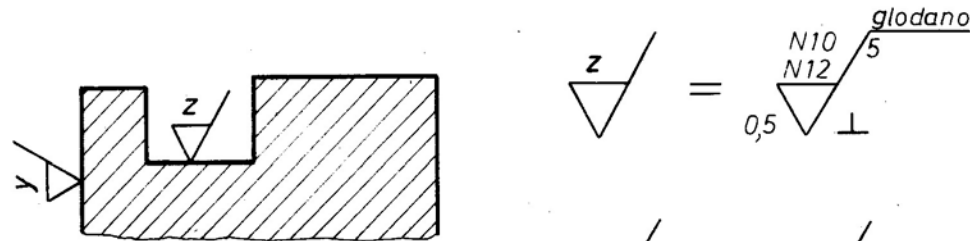
Umesto da se između kosih crta upisuje više znakova može se upisati samo osnovna oznaka u vidu otvorene kukice, što upozorava da se oznake kvaliteta obrade pojedinih površina treba da potraže na samom crtežu:



# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Uprošćenja složenih oznaka

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



$$\nabla z = \begin{matrix} N10 \\ N12 \\ 0,5 \nabla \perp \end{matrix} \begin{matrix} \text{glodano} \\ 5 \end{matrix}$$

$$\nabla y = \begin{matrix} 1,6 \\ 0,5 \nabla = \end{matrix}$$

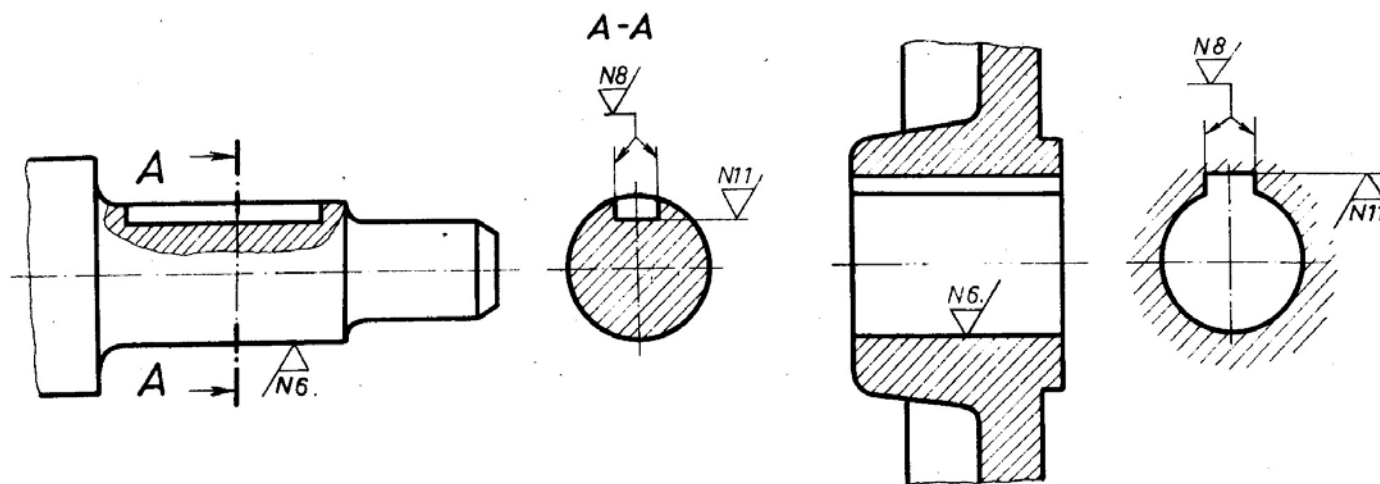
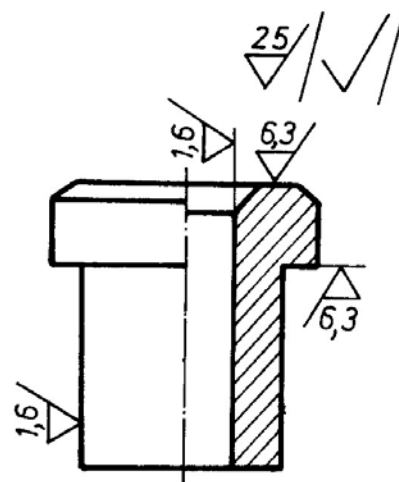
$$\surd = \begin{matrix} N8 \\ 2 \nabla \end{matrix}$$

$$\nabla = \begin{matrix} N6 \\ \nabla \perp \end{matrix}$$

$$\circ \surd = \begin{matrix} N8 \\ 0,5 \nabla \end{matrix}$$

# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINE

## Praktični primeri označavanja



# TOLERANCIJE MAŠINSKIH DELOVA


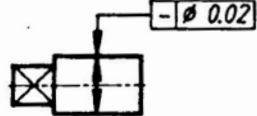

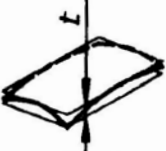
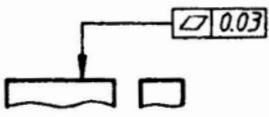
## Tolerancije oblika i položaja (JUS ISO 1101)

Uslovi funkcije i montaže mašinskih delova zahtevaju određenu tačnost oblika i položaja. U tu svrhu se koriste tolerancije oblika i položaja čije se oznake unose u tehničke crteže i njima se definiše dozvoljeno odstupanje od idealnog oblika ili položaja. Na taj način se određuje oblast u kojoj posmatrana karakteristika predmeta mora da se nađe nakon obavljene obrade.

Vrste tolerancija oblika i položaja se pomoću svojih simbola unose tehničke crteže.

# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

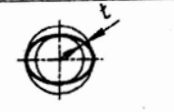
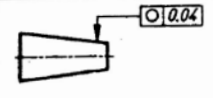
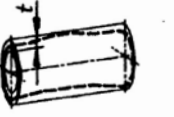
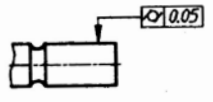

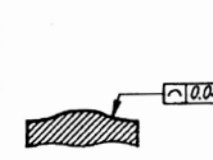
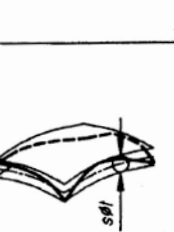
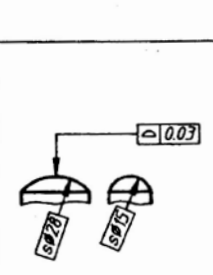
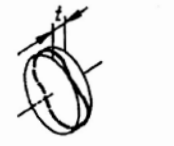
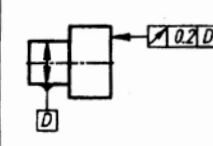

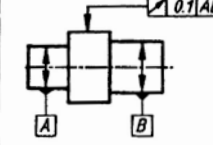
## Vrste tolerancija

Vrednost tolerancije i simbol	Tolerancijska zona	Primeri primene	Objašnjenje
— Pravost			Osa cilindra mora ležati unutar cilindra prečnika $t=0.02$ mm
 Ravnost			Tolerisana površina mora ležati između dve paralelne ravni rastojanja $t=0.03$ mm



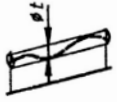
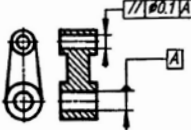

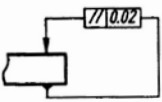
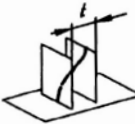
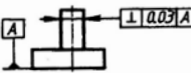
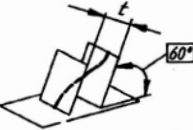

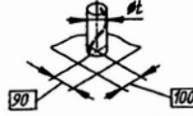
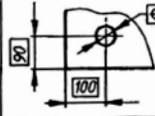
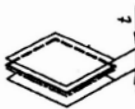
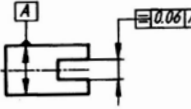
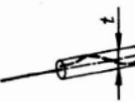
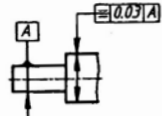
# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

## Vrste tolerancija

○	Kružnost			Obimna linija svakog poprečnog preseka mora ležati u kružnom prstenu širine $t=0.04$ mm.
○	Cilindričnost			Tolerisana površina mora ležati između dva koaksijalna cilindra radijalnog rastojanja $t=0.05$ mm
⌒	Oblik linije			Tolerisani profil mora ležati između dve obvojne površine, čije je rastojanje ograničeno krugovima prečnika $t=0.04$ mm. Središta ovih krugova leže na geometrijski idealnoj liniji.
⌒	Oblik površine			Tolerisana površina mora ležati između dve obvojne površine, čije je rastojanje ograničeno sferama prečnika $t=0.03$ mm. Središta ovih sfera leže na geometrijski idealnoj liniji.
↗	Ravnost obrtanja			Pri obrtanju oko referentne ose D, odstupanja od ravnosti obrtanja, u svakom mernom cilindru, ne smeju prelaziti 0.2 mm.
↗	Kružnost obrtanja			Pri obrtanju oko referentne ose AB, odstupanja od kružnosti obrtanja, u svakoj upravnoj ravni ne smeju prelaziti 0.1 mm.

# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

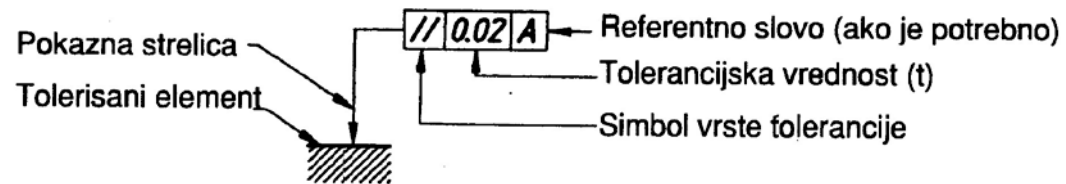
## Vrste tolerancija

//	Para- lelnost			Tolerisana osa mora ležati unutar cilindra prečnika $t=0.1$ mm koji je paralelan sa referentnom osom.
				Tolerisana površina mora ležati između dve ravni rastojanja $t=0.02$ mm, paralelne sa referentnom osom.
⊥	Uprav- nost			Tolerisana osa mora ležati između dve međusobno paralelne ravni rastojanja $t=0.03$ mm, upravne na referentnu površinu i na pravac strelice.
∠	Nagib (ugao nagiba)			Osa rupe mora ležati između dve međusobno paralelne ravni rastojanja $t=0.2$ mm, nagnute pod uglom $60^\circ$ u odnosu na referentnu površinu.
⊕	Loka- cija			Osa rupe mora ležati unutar cilindra prečnika $t=0.04$ mm čija osa se nalazi na geometrijski idealnom mestu.
≡	Simet- ričnost			Središnja ravan zleba mora ležati između dve paralelne ravni čije je rastojanje $t=0.06$ mm i koje leže simetrično u odnosu na središnju ravan referentnog elementa.
◎	Koaksi- jalnost			Osa tolerisanog dela osovine mora ležati unutar cilindra prečnika $t=0.03$ mm čija se osa poklapa sa osom referentnog elementa.

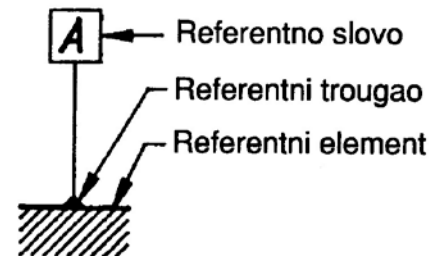
# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

## Oznake tolerancija

Oznaka tolerancije oblika i položaja se upisuje u kvadratni okvir. Ukoliko je potrebno upotrebljava se pravougaonik sastavljen iz više oblasti za upisivanje neophodnih oznaka:

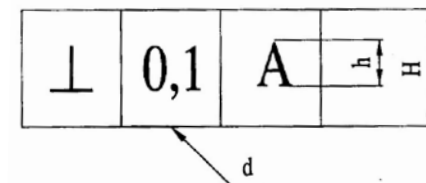


Često se oznaka tolerancije oblika i položaja odnosi na neku referentnu površinu, pa se u tom slučaju za nju koristi oznaka:



Postoji zavisnost veličine oznake od debljine linije:

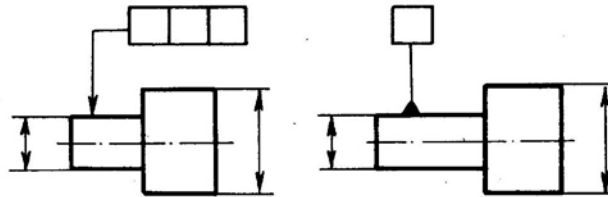
h	2,5	3,5	5	7	10
H	5	7	10	14	20
d	0,25	0,35	0,5	0,2	1



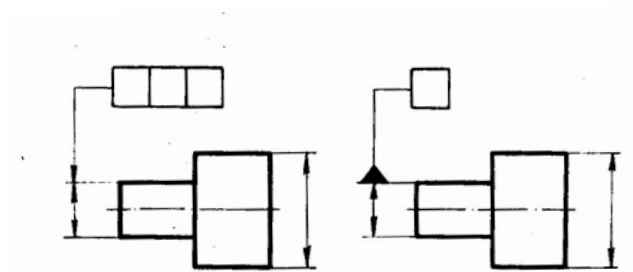
# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

## Označavanje tolerancije

Ukoliko se tolerancija oblika i položaja odnosi na izvodnicu omotača pokazna i kotna linija su jasno razdvojene:



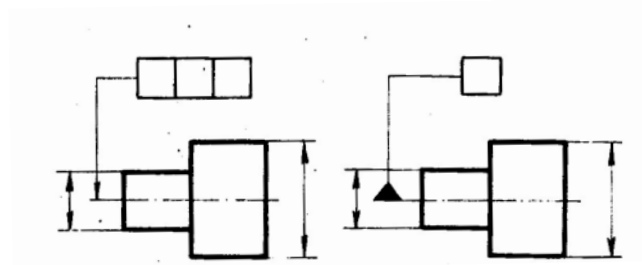
Ukoliko se tolerancija oblika i položaja odnosi na osu dela onda su kotna i pokazna linija u istom pravcu:



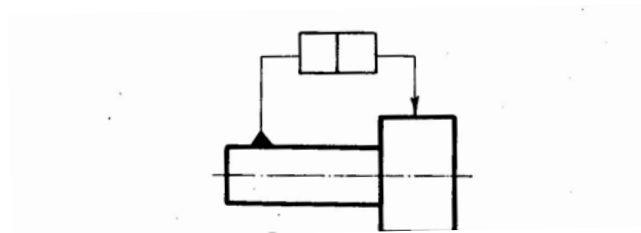
# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

## Ostali načini označavanja tolerancija

Ukoliko se tolerancija oblika i položaja odnosi na zajedničku osu dveju ili više površina:



Ako su tolerisana i referentna površina u neposrednoj blizini:

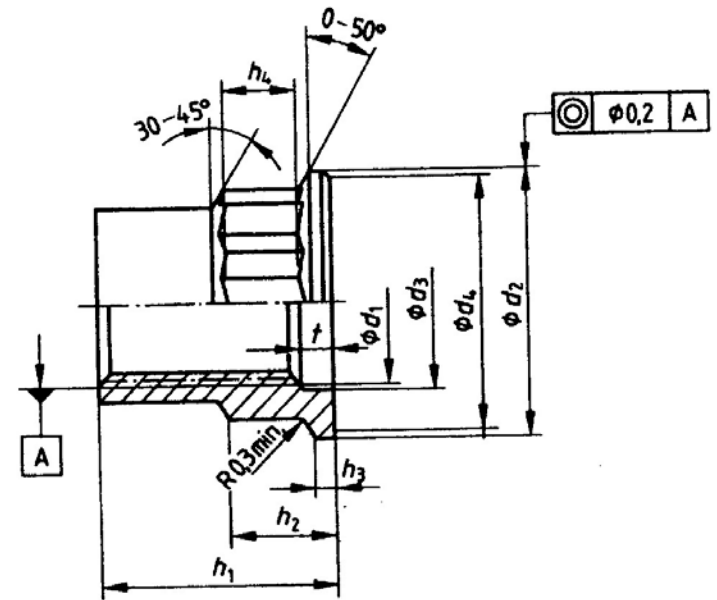
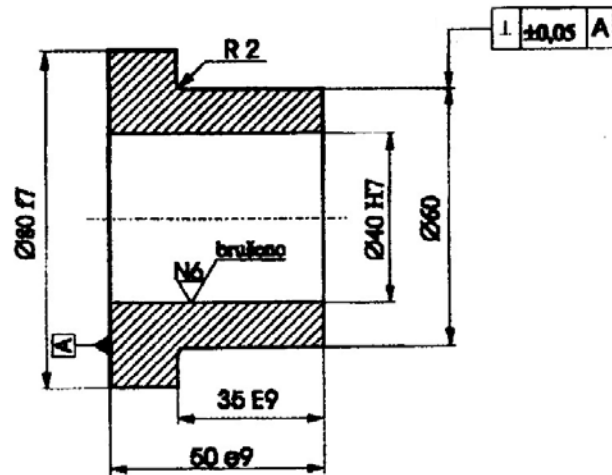




# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

## Praktični primeri označavanja

Tolerisana osa mašinskog dela mora ležati unutar cilindra prečnika 0.05mm upravnog na referentnu površinu:



Osa tolerisanog dela mora ležati unutar cilindra prečnika 0.2mm čija se osa poklapa sa osom referentnog elementa: