

## *Predavanja – Tolerancije*

# TOLERANCIJE MAŠINSKIH DELOVA

- U industrijskoj proizvodnji, usled nesavršenosti mašina, alata, materijala, metoda merenja, kontrole i ljudskog faktora, postizanje željene tačnosti mera praktično nije moguće
- Visoka tačnost nije ekonomična jer dovodi do povećanja troškova proizvodnih procesa
- Iz ovih razloga unapred se propisuju dozvoljena odstupanja pojedinih karakteristika mašinskih delova, u skladu sa njihovom namenom i funkcijom, a nazivaju se tolerancijama

# TOLERANCIJE MAŠINSKIH DELOVA

Dozvoljena odstupanja kod mašinskih delova

- Tolerancije mera
- Tolerancije glatkosti površine
- Tolerancije oblika i položaja

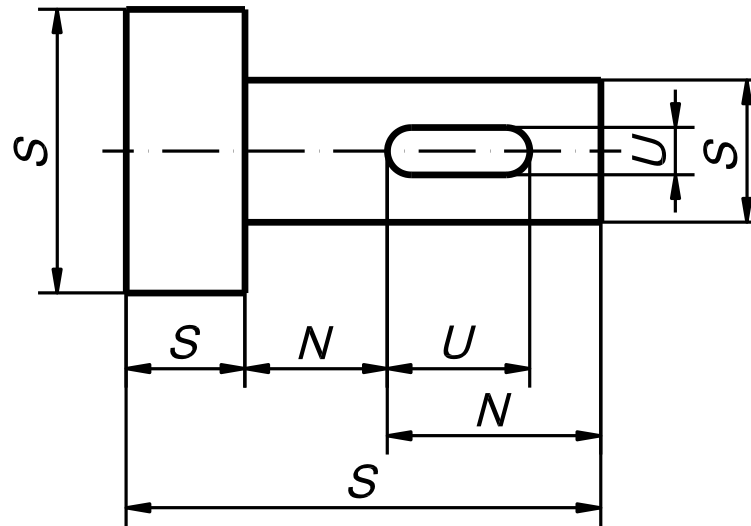
## TOLERANCIJE MERA

- Dužinske mere mogu biti slobodne i tolerisane
- Pod tolerancijom dužinskih mera podrazumevaju se dozvoljena odstupanja mera pri izradi
- Sistem tolerancija dužinskih mera razrađen je prvenstveno za delove kružnog poprečnog preseka, ali se može primeniti na bilo koje dužinske mere

# TOLERANCIJE MERA

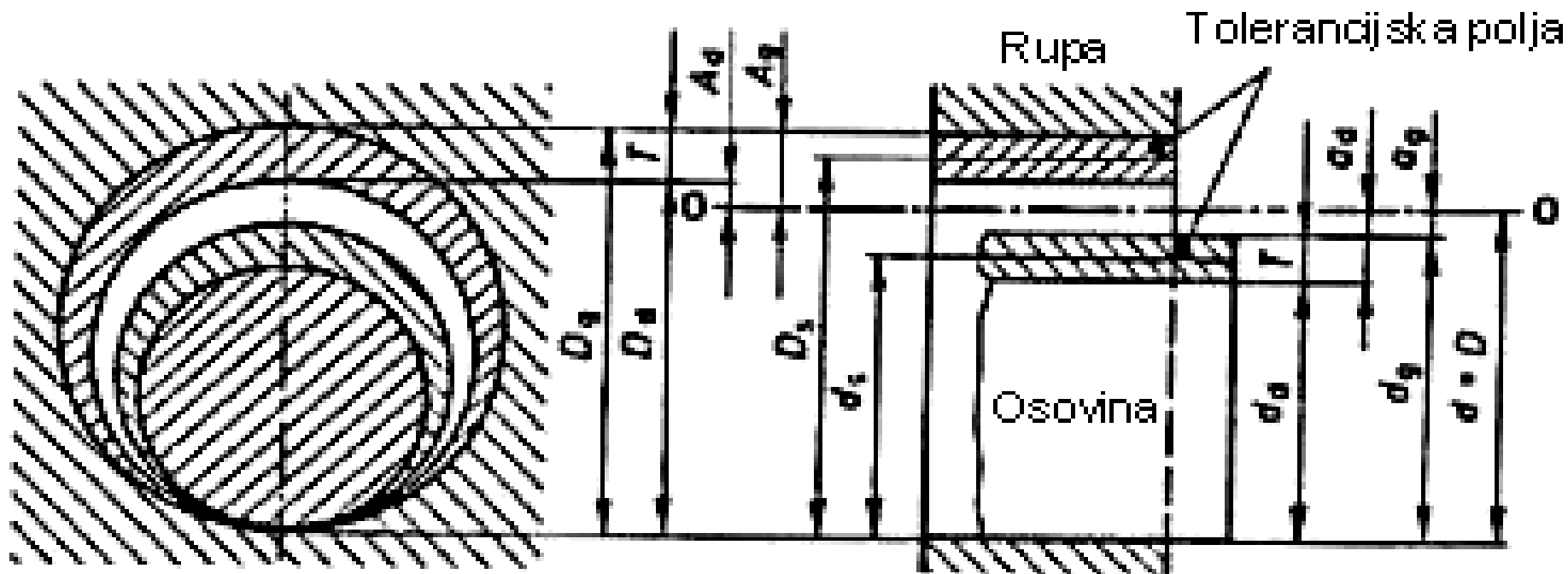
Ø Vrste tolerisanih nazivnih mera u ISO sistemu tolerancija:

- spoljašnje mere (S),
- unutrašnje mere (U),
- neodređene mere (N).



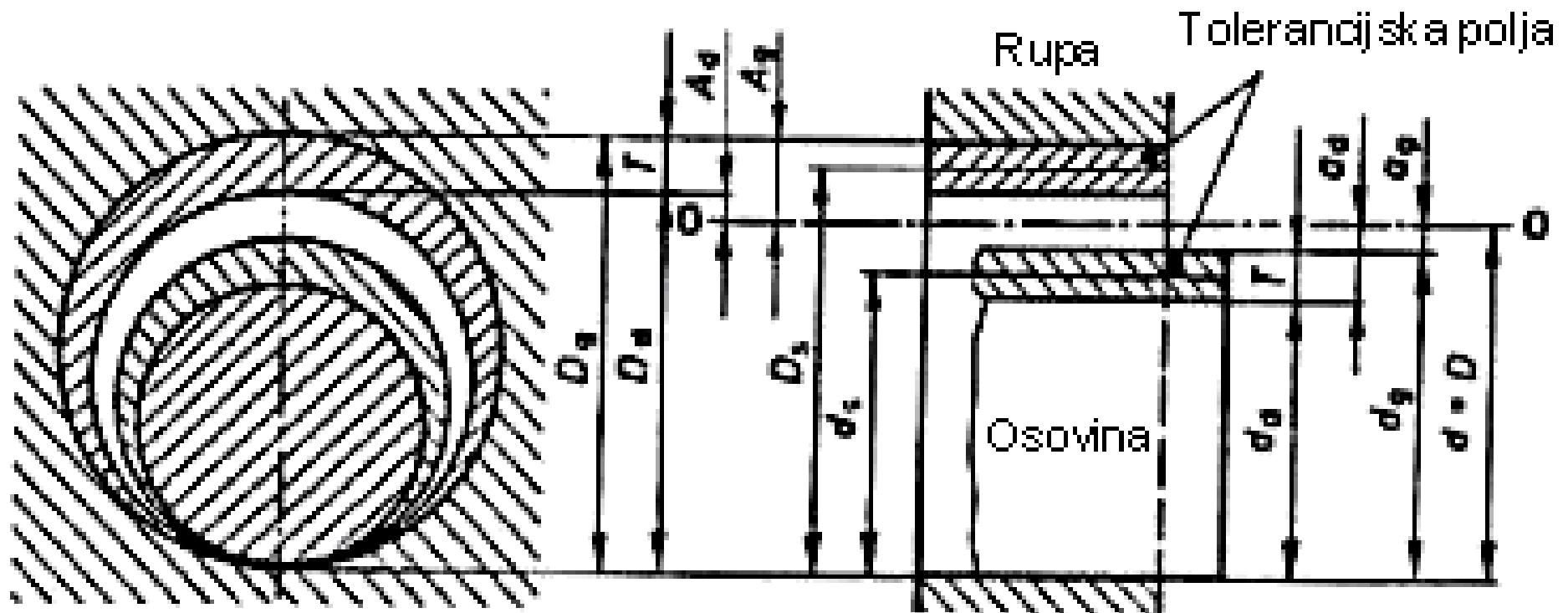
## TOLERANCIJE MERA

- ∅ **Nazivna mera** ( $D=d$ ) predstavlja osnovu za definisanje graničnih mera i odstupanja
- ∅ Nazivna mera je mera koja se kao kota unosi u crtež
- ∅ Nazivne mere osovine i rupe koje obrazuju naleganje imaju istu vrednost



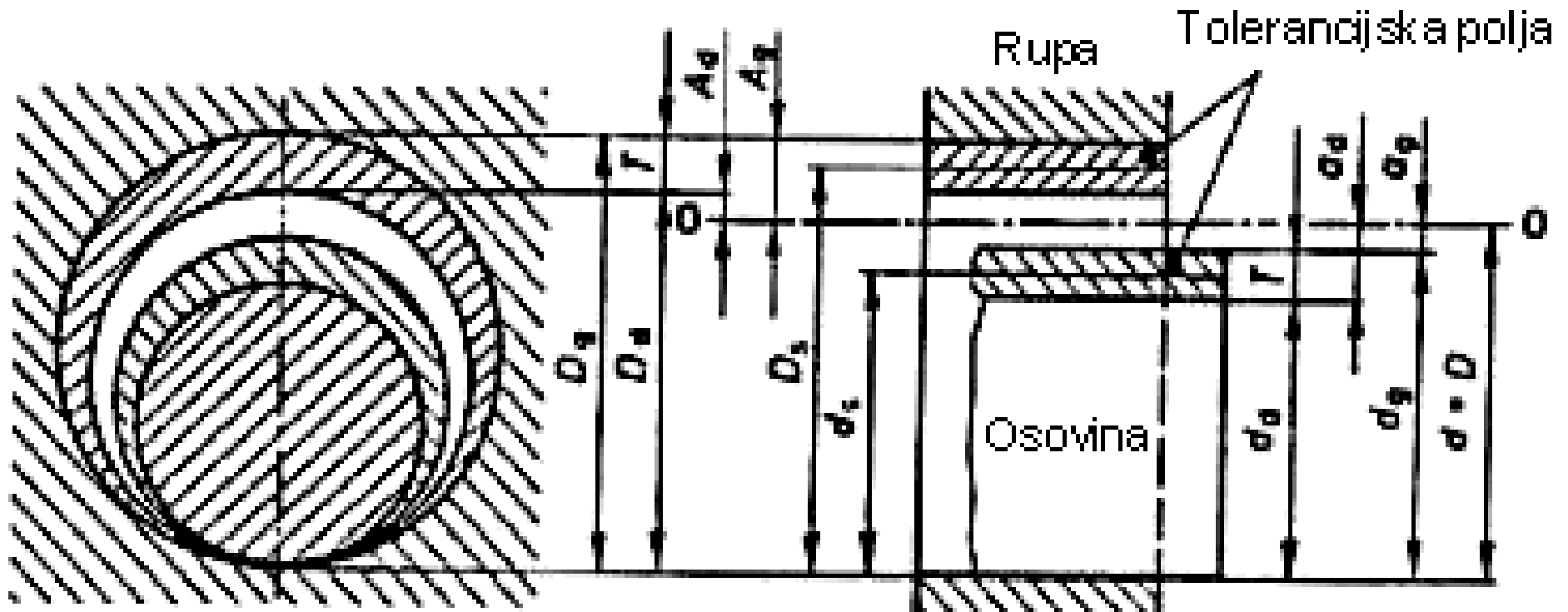
## TOLERANCIJE MERA

- Ø **Stvarna mera** ( $D_s$ ), odnosno ( $d_s$ ) je mera koja se utvrđuje merenjem na izrađenom mašinskom delu.
- Ø **Granična mera** je najmanja ili najveća dozvoljena mera. Postoji gornja granična mera ( $D_g$ ), odnosno ( $d_g$ ) i donja granična mera ( $D_d$ ), odnosno ( $d_d$ ).
- Ø **Tolerancija mere** ( $T=IT$ ) je jednaka razlici najveće i najmanje mere.



# TOLERANCIJE MERA

- **Gornje odstupanje** ( $A_g$ ), odnosno ( $a_g$ ) je razlika između najveće i nazivne mere.
- **Donje odstupanje** ( $A_d$ ), odnosno ( $a_d$ ) je razlika između najmanje i nazivne mere.
- **Stvarno odstupanje** je razlika između stvarne i nazivne mere.
- **Tolerancijsko polje** je područje ograničeno najvećom i najmanjom dozvoljenom merom.
- **Nulta linija** (0-0) pri grafičkom prikazivanju odgovara nazivnoj meri. Predstavlja polaznu liniju od koje se odmeravaju odstupanja.



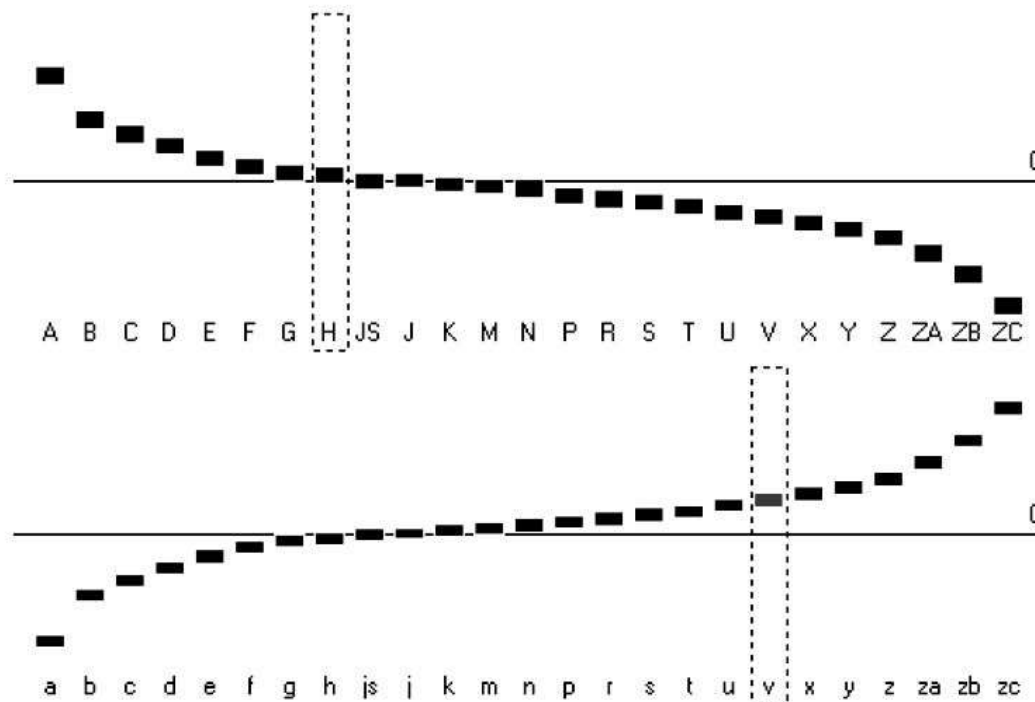


# TOLERANCIJE MERA

- **Naleganje** je odnos mera dva mašinska dela koji su u sklopu.
- **Zazor** ( $z$ ) je razlika u merama rupe i osovine kada je mera rupe veća od mere osovine. U ovom slučaju između njih postoji određeni prostor.
- **Preklop** ( $p$ ) je razlika u merama rupe i osovine kada je mera rupe manja od mere osovine. U ovom slučaju jedan mašinski deo se mora utisnuti u drugi uz primenu sile.
- **Kvalitet predstavlja stepen tačnosti izrade.** U slučajevima istog kvaliteta tolerancija je veća za veću nazivnu meru. U ISO sistemu kvalitet se označava brojevima, a meri mikrometrima. Standardom je propisano 20 kvaliteta tolerancija: 01, 0, 1, ..., 18. Veći brojevi označavaju grublji kvalitet.
- **Sistem tolerancija** je planski razrađen red naleganja sa različitim zazorima i preklopima.

# TOLERANCIJE MERA

∅ Položaj tolerancijskih polja određen je u odnosu na nultu liniju i označen slovima latinice



## TOLERANCIJE MERA

Prema ISO sistemu tolerancija položaj tolerancijskog polja označava se za osovine malim slovom, za rupu velikim, a kvalitet tolerancije brojem koji se upisuje iza ovog slova

Kotiranje tolerisanih mera se vrši tako što se iza nazivne vrednosti mere stavlja oznaka za toleranciju

Ø 25 H 8

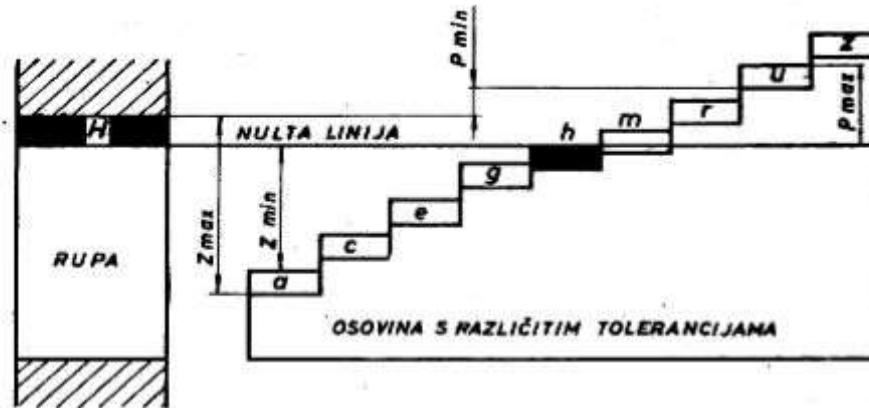
Ø 25 f 8



# TOLERANCIJE MERA

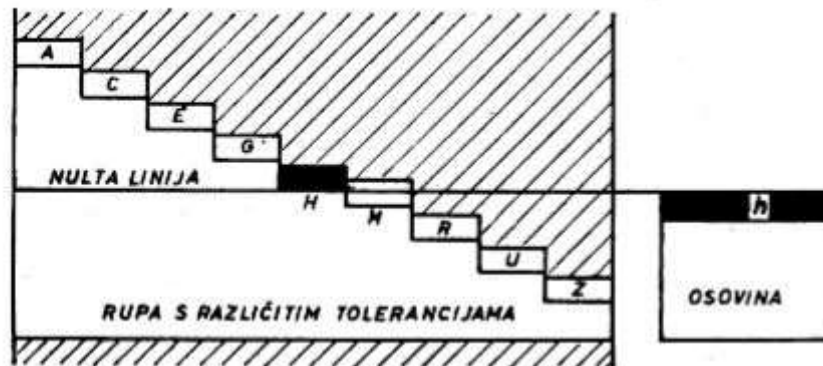
## Sistemi naleganja

U praksi se upotrebljavaju dva sistema tolerancija:



Sistem zajedničke  
unutrašnje mere

Sistem zajedničke  
spoljašnje mere



# **TOLERANCIJE MERA**

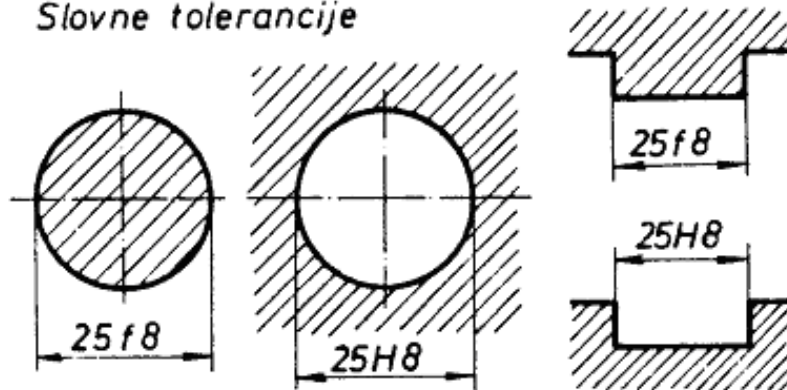
## **Kotiranje tolerisanih mera**

- Ø Tolerancije se upisuju slovnim oznakama ili brojčano
- Ø Kod slovnih tolerancija odstupanja se daju na crtežu tabelarno
- Ø Kod brojčanih tolerancija odstupanja se upisuju neposredno uz nazivnu meru

# TOLERANCIJE MERA

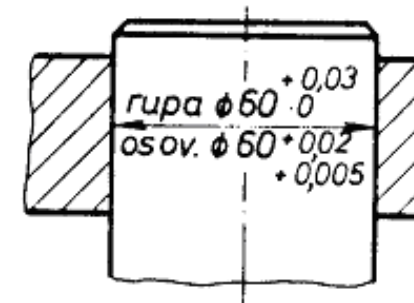
## Kotiranje tolerisanih mera - primeri

a Slovne tolerancije

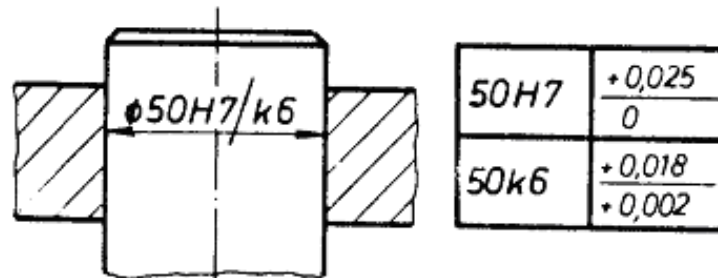


25H8	$\frac{+0,033}{0}$
25f8	$\frac{-0,020}{-0,053}$

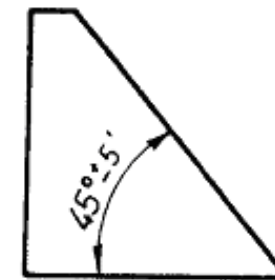
c Kotiranje naleganja brojčanim tolerancijama



b Kotiranje naleganja slovnim tolerancijama



d Kotiranje tolerisanog ugla



## TOLERANCIJE SLOBODNIH MERA

- Mere kod kojih odstupanja od nazivnih vrednosti praktično ne utiču na upotrebljivost i sigurnost delova nazivaju se slobodnim merama
- Ove se mere ostvaruju uobičajenim radnim postupkom pa njihova odstupanja leže u granicama tog postupka obrade
- Pri kotiranju slobodnih mera nazivne mere se upisuju bez navođenja položaja i veličine tolerancijskog polja
- Odstupanja slobodnih mera se ne mogu propisati na osnovu funkcije, ali moraju biti u određenim granicama koje su propisane u vidu tolerancija slobodnih mera

## TOLERANCIJE SLOBODNIH MERA

- Tolerancije slobodnih mera unose se u crtež u za to predviđeno polje zaglavlja crteža, na primer: fini SRPS M.A1.410.

Stepen tačnosti	Područje nazivnih mera, mm								
	Iznad								
	0.5	3	6	30	120	315	1000	2000	4000
	do								
	3	6	30	120	315	1000	2000	4000	8000
Fini	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	-
Srednji	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3
Grubi	± 0,15	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5
Vrlo grubi	-	± 0.5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8
Napomena: Prema ISO 2768 (1973) nisu predviđena područja nazivnih mera iznad 2000 mm i nije obuhvaćen vrlo grubi kvalitet									

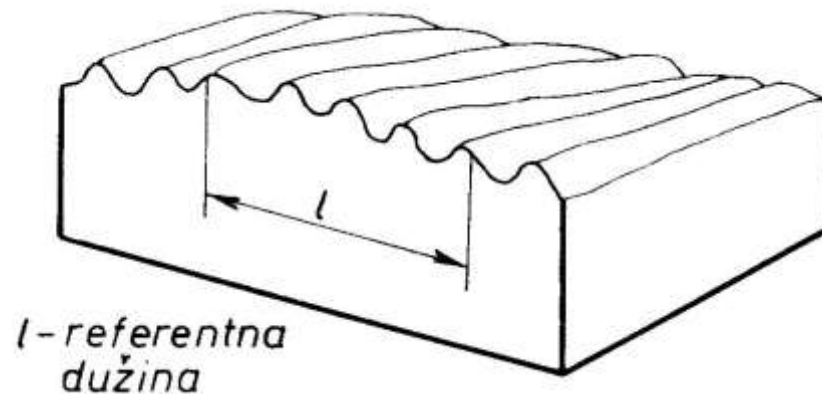


# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINA

- Posle obrade mašinskog dela njegova površina nije glatka, već ima različite neravnine
- Skup neravnina koje obrazuju reljef površine naziva se hrapavost
- Kvalitet površine zavisi od stepena njene hrapavosti
- Kvalitet obrađenih površina utiče na:
  - smanjenje trenja kod kliznih površina
  - sprečavanje pojave koncentracije napona
  - hermetičnost
  - otpornost na koroziju
  - estetski izgled proizvoda
- Za određenu površinu se u odnosu na njenu funkciju definiše optimalan kvalitet obrade

## TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINA

- ü Ako se obrađena površina u poprečnom preseku uveća mogu da se uoče mikrogeometrijske nepravilnosti površine u odnosu na geometrijski idealno ravnu površinu
- ü Za merenje hrapavosti koristi se tzv. efektivni profil na referentnoj dužini  $l$  (*minimalna dužina neophodna za definisanje hrapavosti*)



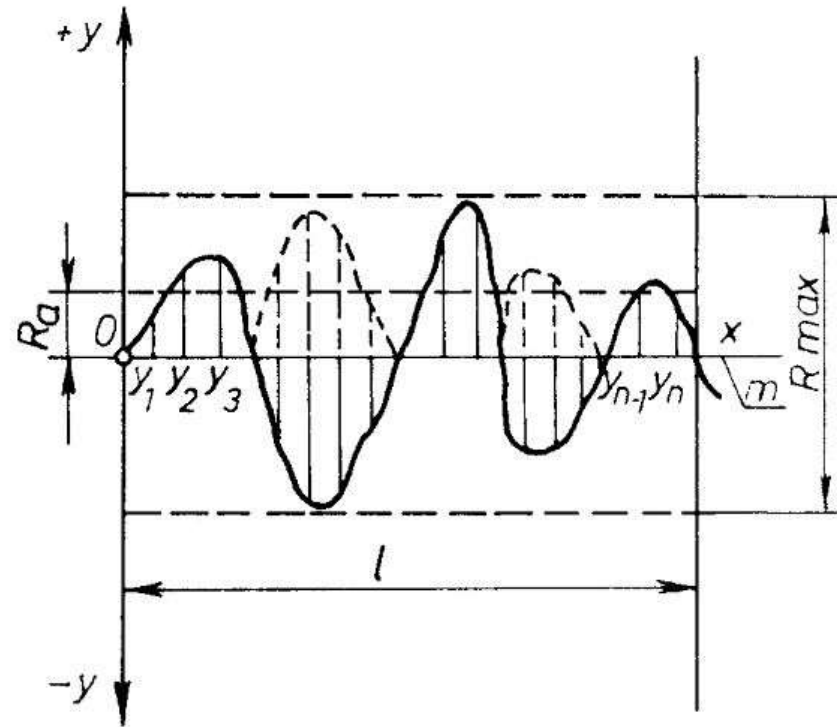
# TOLERANCIJE GLATKOSTI POVRŠINA

## Parametri hrapavosti

- Maksimalna visina neravnina ( $R_{max}$ )
- Srednje odstupanje profila ( $R_a$ ) - srednja aritmetička vrednost odstupanja svih tačaka efektivnog profila u odnosu na srednju liniju  $m$ , na referentnoj dužini  $l$

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

- Srednja visina neravnina ( $R_z$ )



# KVALITET OBRAĐENIH POVRŠINA

## Klase hrapavosti

- Na osnovu  $Ra$  površinska hrapavost mašinskih delova se razvrstava u 12 klasa hrapavosti
- Manji broj odražava finiji kvalitet obrađene površine

$R_{max}$ ( $\mu m$ )	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

# KVALITET OBRAĐENIH POVRŠINA

Veza između klasa ISO tolerancija i klasa površinske hrapavosti mašinskih delova

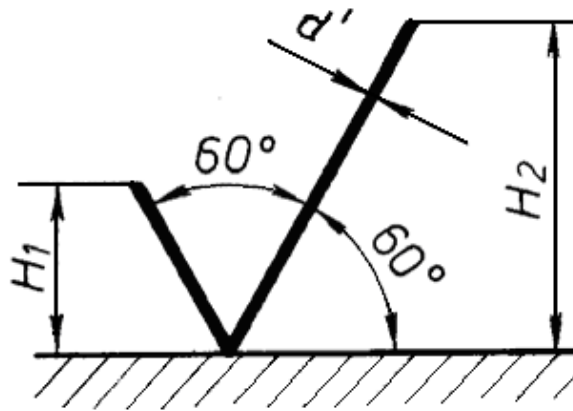
Oznaka klase ISO tolerancija	Oznaka klase kvaliteta obrade i pripadajuća vrednost srednjeg odstupanja profila $R_a$ za područje nazivne mere									
	do 3		iznad 3 do 18		iznad 18 do 80		iznad 80 do 250		iznad 250	
	klasa	$R_a$	klasa	$R_a$	klasa	$R_a$	klasa	$R_a$	klasa	$R_a$
IT 5	N3	0,1	N4	0,2	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8
IT 6	N4	0,2	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8	N6	0,8
IT 7	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8	N7	1,6	N7	1,6
IT 8	N5	0,4	N6	0,8	N7	1,6	N7	1,6	N8	3,2
IT 9	N6	0,8	N6	0,8	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3
IT 10	N7	1,6	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3	N9	6,3
IT 11	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3	N9	6,3	N10	12,5
IT 12	N8	3,2	N8	3,2	N9	6,3	N10	12,5	N11	25

## OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

- Svaki radionički crtež, pored kota i tolerancija, mora da sadrži oznaku kvaliteta obrađene površine
- Simbol oznake je u vidu kukice, na kojoj se nalaze ispisani različiti parametri koji imaju za cilj bliže definisanje kvaliteta označene površine
- Ova oznaka na crtežu je veoma bitna jer se prema njoj definiše tehnologija izrade dela

# OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

Oblik i mere osnovnog znaka za označavanje kvaliteta hrapavosti

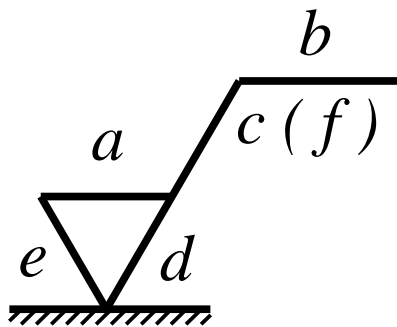


Mere kukica i oznaka	Mere u <i>mm</i>					
Visina $H_1$	5	7	10	14	20	28
Visina $H_2$	10	14	20	28	40	56
Debljina linija za oznaku ( $d \phi$ )	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Visina oznaka i velikih slova ( $h$ )	3,5	5	7	10	14	20

# OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

Zbirni znak za dodatne oznake

Značenje opštih oznaka



$a$  – vrednost hrapavosti  $Ra$  u  $mm$  ili broj klase hrapavosti N1 do N12

$b$  – metod proizvodnje, postupak ili prevlaka

$c$  – referentna dužina

$d$  – pravac prostiranja neravnina

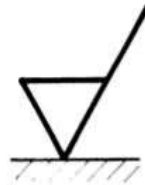
$e$  – dodatak za mašinsku obradu u  $mm$

$f$  – druge vrednosti hrapavosti, npr.  $Rz$ ,  $Rmax$

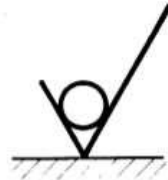


# OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

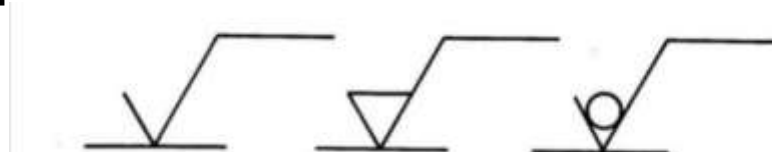
Ako se radi o površini koja se obrađuje skidanjem strugotine koristi se osnovna kukica u zatvorenom obliku



Kod površina koje se obrađuju bez skidanja strugotina koristi osnovna kukica sa dodatkom kružića

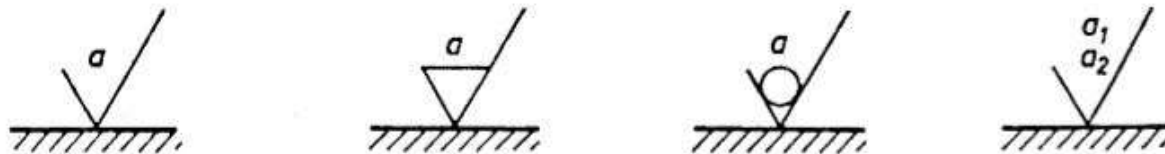


Kada je potrebno dopisivanje nekih dopunskih oznaka, dužem kraku bilo kog oblika kukice se dodaje nastavak u obliku horizontalne linije čija dužina zavisi od dužine dopunske oznake



# OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

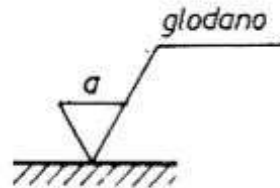
Kada je označena samo jedna vrednost ona predstavlja maksimalnu dozvoljenu vrednost površinske hrapavosti izraženu glavnim kriterijumom hrapavosti  $Ra$  ili odgovarajućom klasom hrapavosti (na primer:  $a=N9$  ili  $a=6,3$ ).



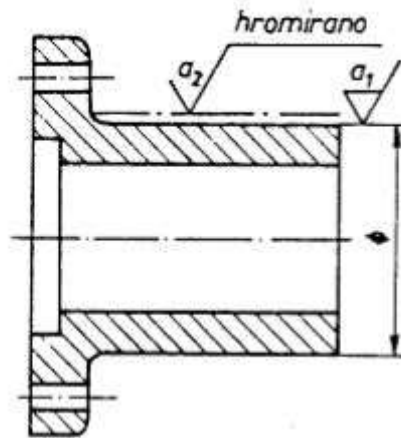
Ako su označene najveća i najmanja granična vrednost glavnog kriterijuma prikazuju se obe vrednosti i to tako da vrednost finijeg kvaliteta obrade ( $a_1$ ) bude iznad vrednosti grublje obrade ( $a_2$ ) (na primer:  $a_1 = 1,6$  i  $a_2 = 6,3$ , odnosno  $a_1 = N7$  i  $a_2 = N9$ ).

## OZNAČAVANJE KVALITETA 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 tehnološkog postupka ili prevlake:



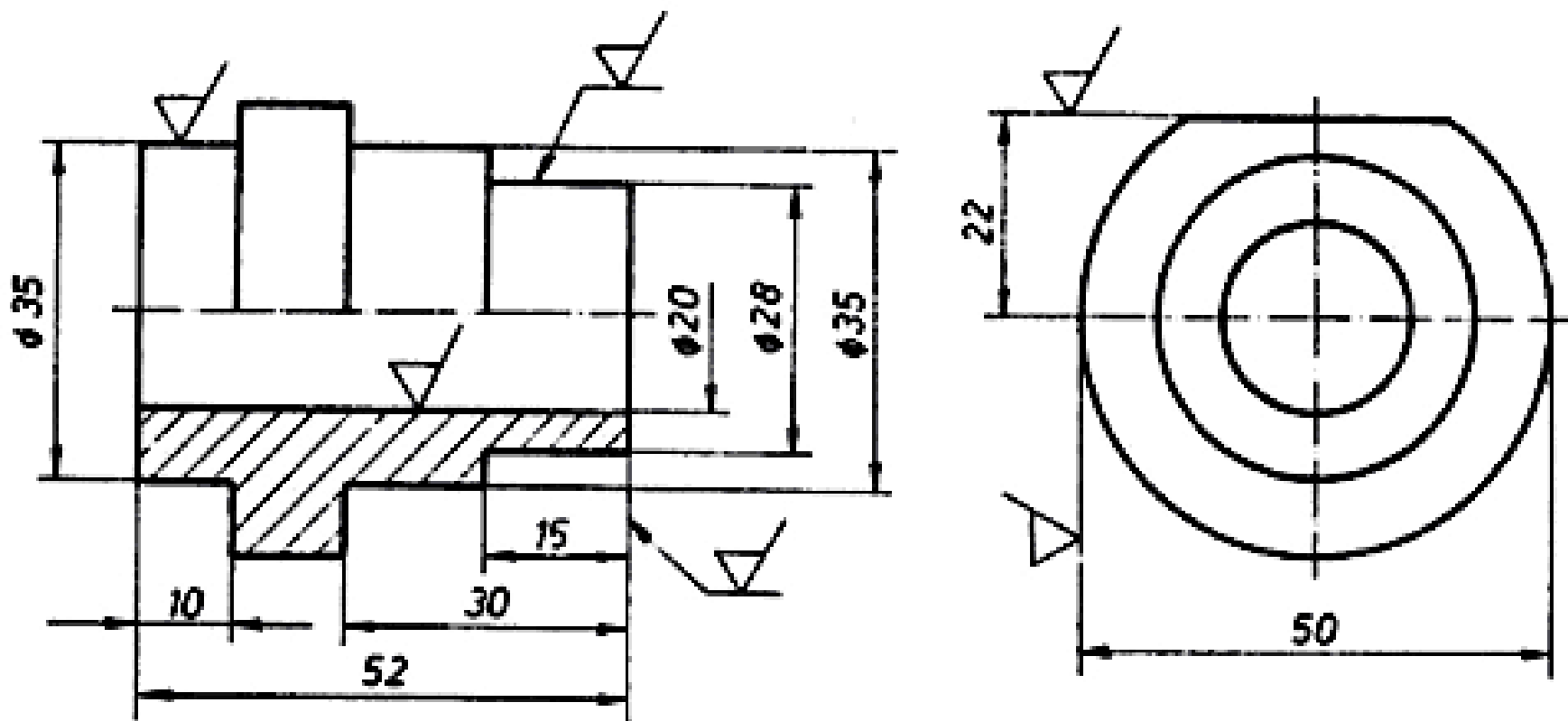
# OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

## Položaj oznaka kvaliteta hrapavosti na crtežu

- Znaci i dodatne oznake u znaku za površinsku hrapavost koji se upisuju u crtež, treba da budu orijentisani (radi lakšeg čitanja) isto kao vrednosti pri kotiranju (odozdo i sa desne strane)
- Oznaka i strelica moraju svojim vrhom da priđu površini sa spoljne strane predmeta
- Kod kružnih projekcija cilindričnih površina oznake se ne stavljaju direktno na krugove, već na pomoćnu kotnu liniju ili na posebno postavljenu produžnu pomoćnu liniju
- Znak za površinsku obradu se koristi samo jednom za jednu površinu i to u projekciji u kojoj je ta površina dimenzionisana

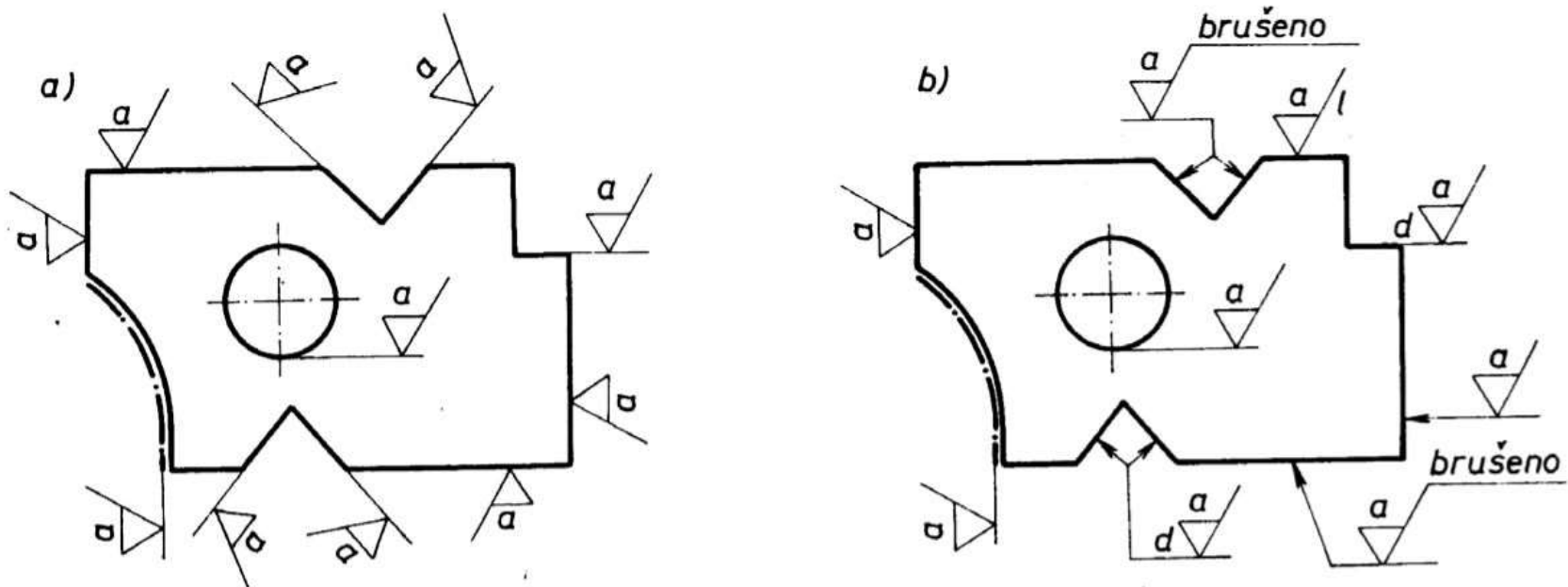
# OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

Dovođenje znaka u vezu sa odnosnom površi



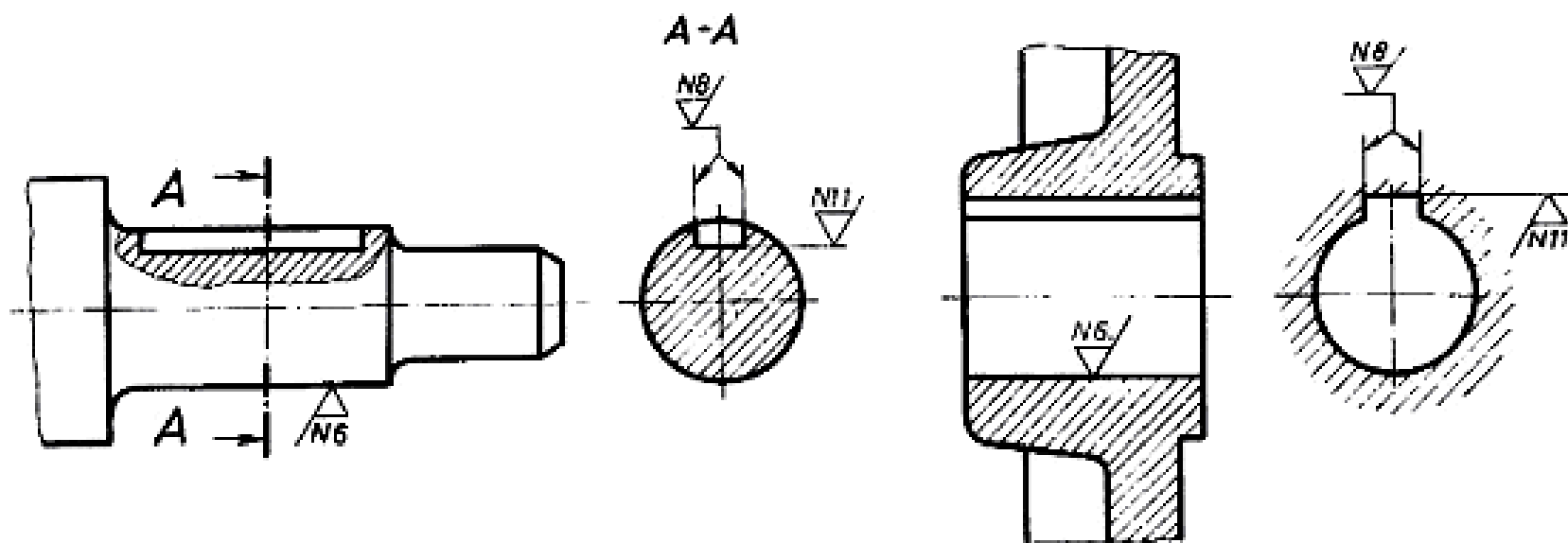
# OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

Dovođenje znaka u vezu sa odnosnom površi



# OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

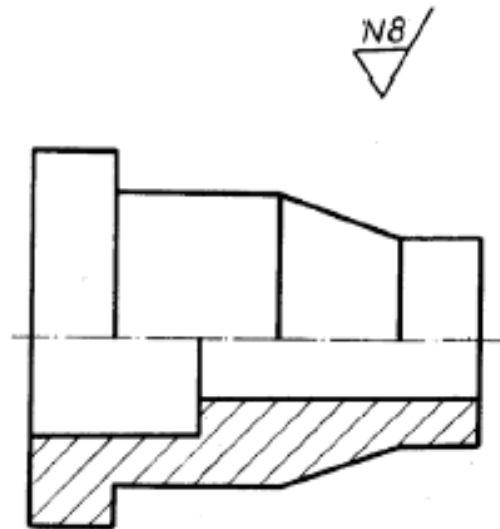
Označavanje kvaliteta obrade žleba za klin



# OZNAČAVANJE KVALITETA HRPAVOSTI

## Zajednička oznaka za sve površi

Ako je potrebno da sve površine imaju isti kvalitet obrade oznaka se ne stavlja na svaku od površina već se propisuje zajednička oznaka koja se postavlja u desni gornji ugao crteža

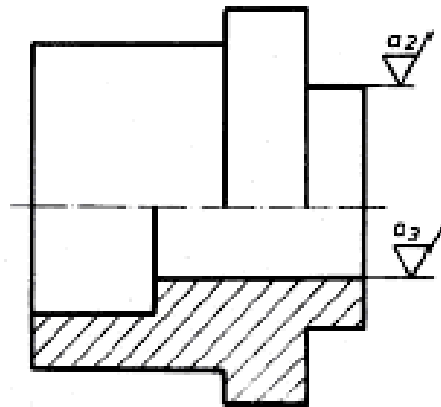




# OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

## Zbirna oznaka kvaliteta

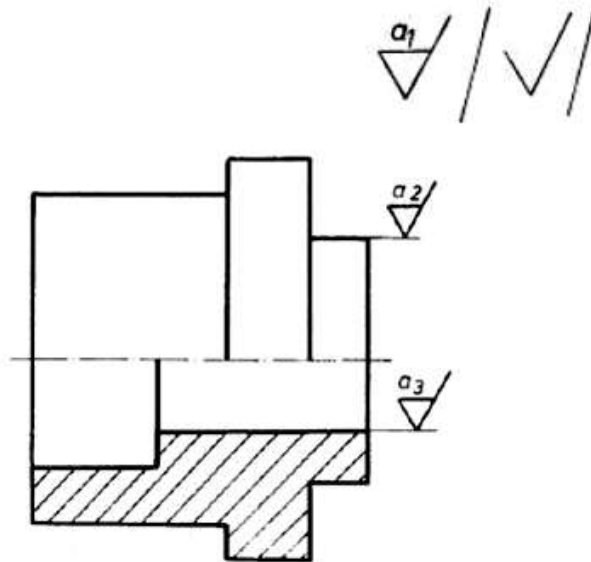
Ako se zahteva ista hrapavost na većem broju površina onda se ona propisuje zbirnim znakom u desnom gornjem uglu crteža. Između dve kose crte upisuju se ostali stepeni hrapavosti koji se odnose na druge površine prema rastućim brojevima, odnosno grubljim obradama, a te oznake se takođe moraju ucrtati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



# OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

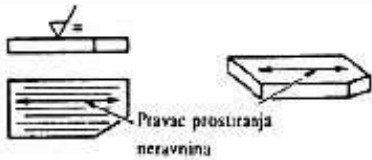
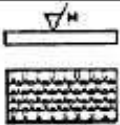
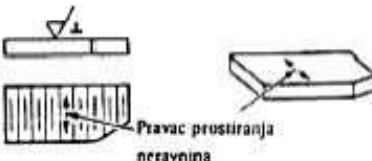


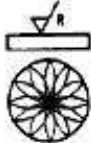
## Uprošćena zbirna oznaka kvaliteta

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 potražiti na samom crtežu



# OZNAČAVANJE KVALITETA HRAPAVOSTI

Pravac prostiranja neravnina propisuje se određenim znacima

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

## TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

- Za funkcionisanje i montažu mašinskih delova neophodna je određena tačnost oblika i položaja
- Dozvoljeno odstupanje od geometrijski idealnog oblika i položaja definiše se tolerancijama, čije se oznake unose u tehničke crteže
- Tolerancijama se određuje oblast u kojoj posmatrana karakteristika predmeta mora da se nađe posle obrade
- Vrednosti tolerancije propisuje konstruktor, a izražavaju se u milimetrima






# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

## Vrste tolerancija oblika i položaja

- Tolerancije oblika
- Tolerancije tačnosti obrtanja
- Tolerancije pravca
- Tolerancije mesta






# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

## Tolerancije oblika

Vrsta tolerancije	Osobina koja se toleriše	Simbol
Tolerancije oblika	Pravost	—
	Ravnost	
	Kružnost	
	Cilindričnost	
	Oblik linije	
	Oblik površine	


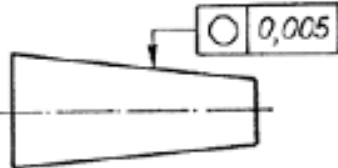
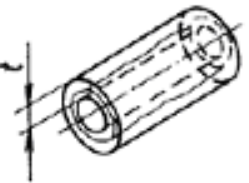
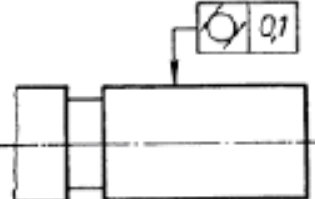
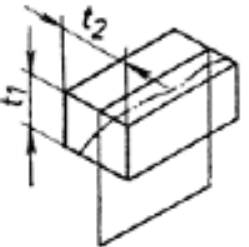
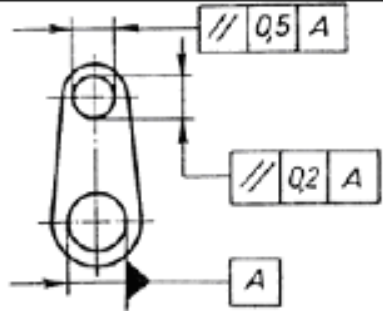
# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

## Tolerancije položaja

Vrsta tolerancije		Osobina koja se toleriše	Simbol
Tolerancije položaja	Tolerancije pravca	Paralelnost	
		Upravnost	
		Ugao nagiba	
	Tolerancije mesta	Lokacija	
		Koncentričnost i koaksijalnost	
		Simetričnost	
	Tolerancije tačnosti obrtanja	Kružnost obrtanja	
		Ravnost obrtanja	

# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

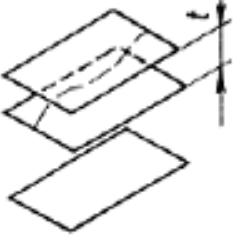
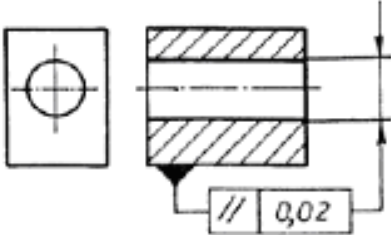
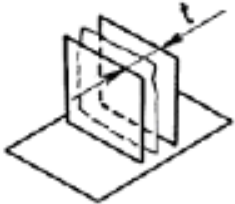
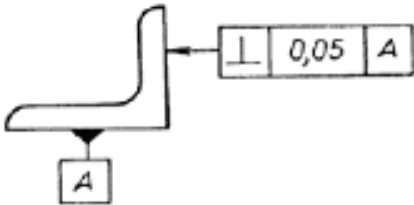
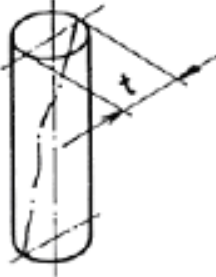
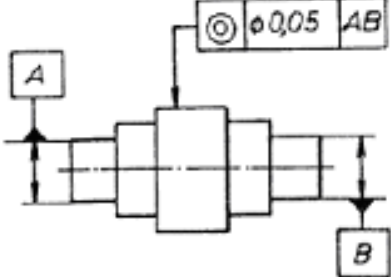
## Primeri

Tolerancijska zona	Primer označavanja	Objašnjenje
		U svakom poprečnom preseku tolerisana obimna linija mora ležati u kružnom prstenu širine $t=0,005$ mm.
		Tolerisana površina mora ležati između dva koaksijalna cilindra radijalnog rastojanja $t=0,1$ mm.
		Tolerisana osa mora ležati unutar kvadra preseka $t_1 \times t_2 = 0,2 \times 0,5$ mm paralelnog sa referentnom osom A.



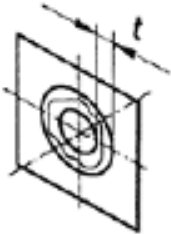
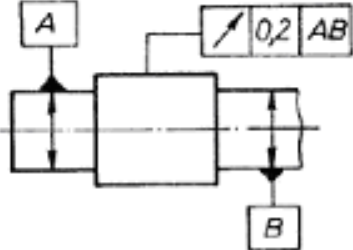
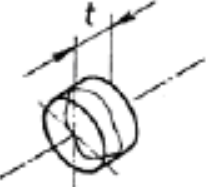
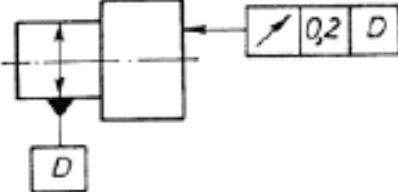
# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

## Primeri

Tolerancijska zona	Primer označavanja	Objašnjenje
		Tolerisana osa mora ležati između dveju ravni razmaka $t=0,02$ mm, paralelnih u odnosu na referentnu ravan.
		Tolerisana površina mora ležati između dveju paralelnih ravni razmaka $t=0,05$ mm, upravnih na referentnu površinu A.
		Tolerisana osa mora ležati unutar cilindra prečnika $t=0,05$ mm, koaksijalnog sa referentnom osom AB.

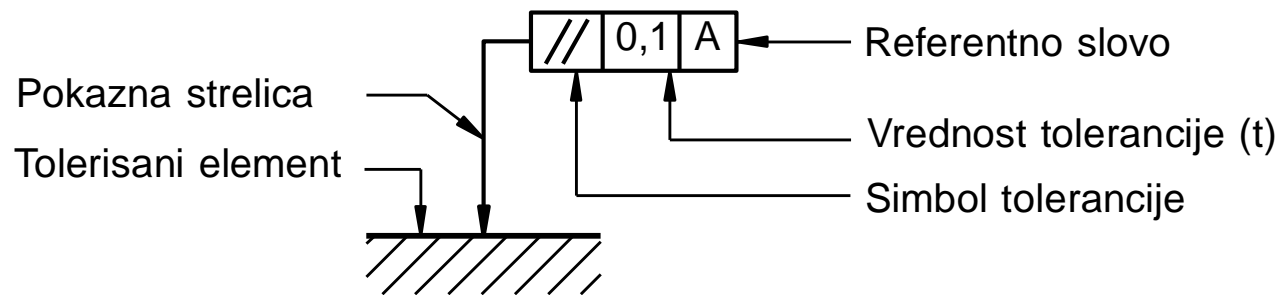
# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

## Primeri

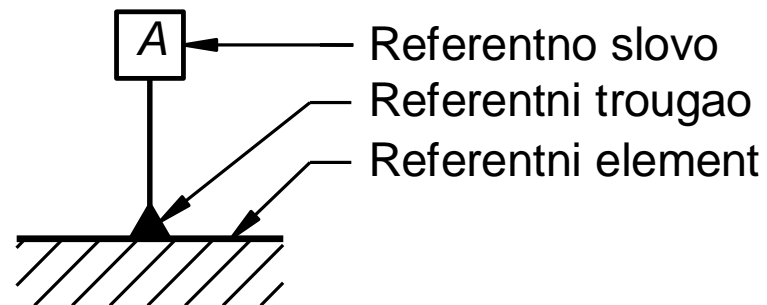
Tolerancijska zona	Primer označavanja	Objašnjenje
		Pri obrtanju oko referentne ose AB, odstupanje od kružnosti obrtanja, u svakoj upravnoj ravni, ne sme da prelazi $t=0,2$ mm.
		Pri obrtanju oko referentne ose D, odstupanje od ravnosti obrtanja, u svakom mernom cilindru, ne sme da prelazi $t=0,2$ mm.

# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

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



Oznaka za referentni (polazni) element

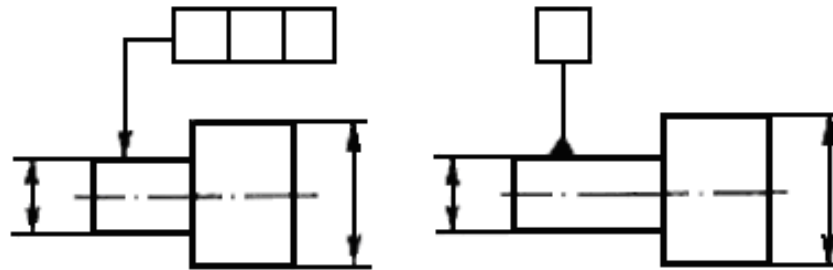


## TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

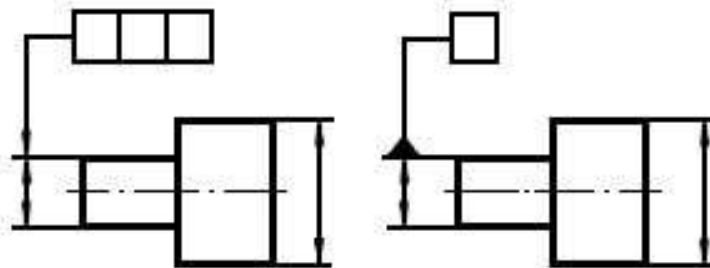
- Referentni element je onaj geometrijski element koji u primeni jedne tolerancije položaja služi kao polazna baza.
- Za referentni element se, po mogućnosti, bira onaj element koji i za funkciju izrađenog komada služi kao polazna baza.

# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

Ako se tolerancija oblika i položaja odnosi na površ pokazna i kotna linija su jasno razdvojene:

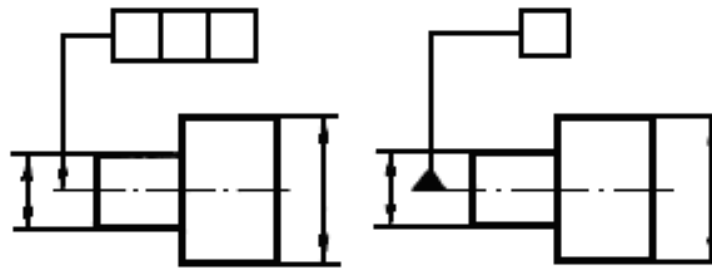


Ako se tolerancija oblika i položaja odnosi na osu dela onda su kotna i pokazna linija u istom pravcu:



# TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

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



Ako su tolerisana i referentna površina u neposrednoj blizini:

