

3. MJERENJE I KONTROLA U ALATNIČARSTVU

3.1 Osnove mjerne tehnikе

Ispitivati točnost mjera, oblika i položaja površina pri obradi materijala je nužno da bi se ostvarili zahtjevi sa crteža proizvoda.

Razlikujemo dva načina ispitivanja: **objektivno** i **subjektivno**.

Subjektivno ispitivanje je osjetilima, a **objektivno** ispitnim pomagalima (npr: mjernim uređajem)

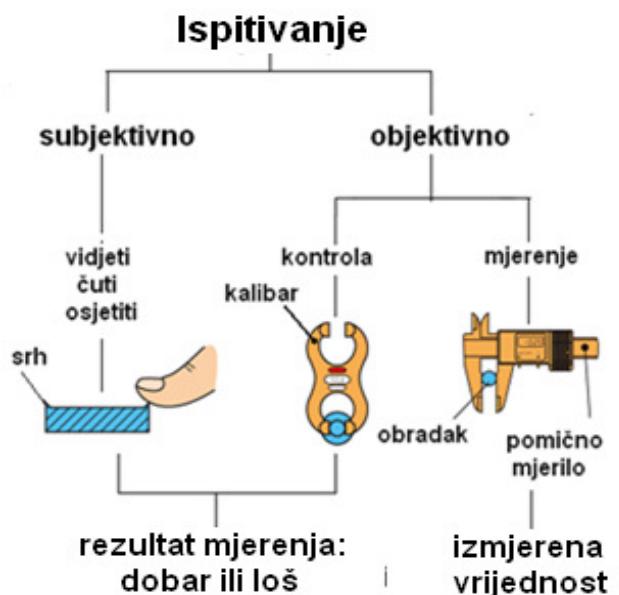
Mjerenje je uspoređivanje stvarne mjere s mernom jedinicom na mjerilu.

Mjerna jedinica za dužinu u metričkom sustavu je 1 mm, a 1 col u colnom sustavu ($1''=25,4$ mm).

Mjerenjem se dobije brojčani iznos stvarne mjere.

Kontrola je utvrđivanje **odstupanja** od zadane mjere (npr: odstupanje od ravnosti).

Kalibri su kontrolniči koji utvrđuju je li mjera dobra ili loša na temelju odstupanja od gornje i donje granične mjere.



3.2 Ispitna sredstva

Ispitna sredstva možemo razvrstati u 3 grupe: mjerni uređaji, kontrolniči i pomoćna sredstva.

Mjerni uređaji se dijele na čvrsta i pokazna mjerila..

Kontrolniči su tijela s određenom mjerom ili mjerom i oblikom ispitnog predmeta.

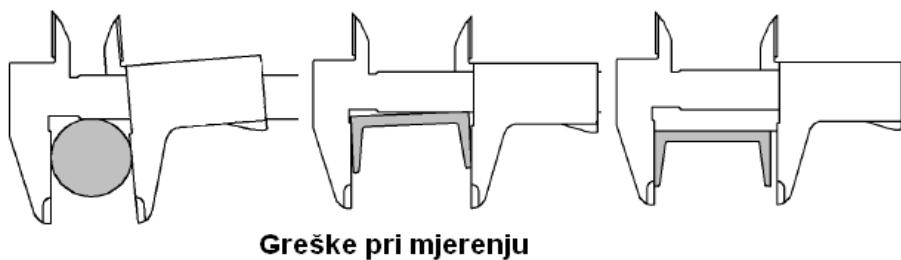
Pomoćna sredstva su prizme, stalci, podloge i držaci.



3.3 Greške pri mjerenuju

Obzirom na preciznost izrade alata (točnost mjera od 0,11 do 0,002 mm) moguće su greške mjerenuja. Najčešći uzroci su:

- neprikladno mjerilo u pogledu točnosti mjerenuja: +/-0,001, +/-0,01 ili +/-0,1mm
- istrošeno mjerilo: potrebno umjeravanje (baždarenje), popravak ili zamjena
- utjecaj topline: ista temperatura mjerila i proizvoda ($20^{+/-0,5}^{\circ}\text{C}$), utjecaj temp. čovjeka
- utjecaj vlage i prašine: povećane mjere
- utjecaj vibracija: odvojiti prostoriju za precizna mjerenuja
- nedovoljno iskustvo: koso postavljanje, krivo očitavanje, prejaki pritisak, masnoća...



3.5 Finomjerni laboratorij

- posebna prostorija za mjerenuje i kontrolu proizvoda
- klimatizirana i izvedena tako da nema utjecaja okoline na rezultate mjerenuja (dalje od preša i transportnih putova)
- **Potrebna oprema:** etaloni (mjerne pločice, trnovi, rašlje...), mjerila (mikrometri, komparatori, ticala...), pomoćna sredstva (merna ploča, stalci, prizme, držači...) i merni uređaji (koordinatni merni uređaj, profilni projektor, mikroskop, računalo...).

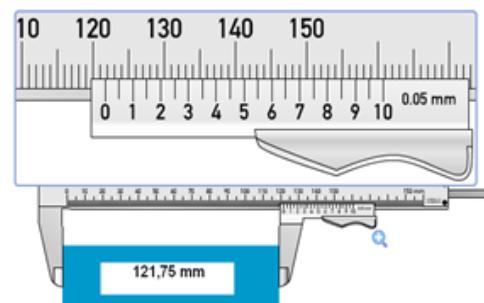
- Radni uvjeti u laboratoriju:

Utjecajni faktori:	Pravilna veličina	Način djelovanja
temperatura prostorije	$20^{+/-1}^{\circ}\text{C}$	toplinsko istezanje i deformacija
relativna vlažnost zraka	(30 – 50)%	povećana korozija
buka	< 30 dB	smanjena koncentracija kontrolora
vibracije	-	utjecaj na mjerne uređaje
prašina	0,15 mg/m ³	prljavi ispitni predmeti
elektromagnetsko polje	-	oštećenje uređaja i računala

3.6 Pomično mjerilo

- najčešće se koristi univerzalno mjerilo za mjerjenje vanjskih i unutarnjih mjera te dubine provrta
- mogu biti **mehanička s nonius skalom, mjernom urom i digitalnim pokazivačem mjere**
- mehanička mjerila** se izrađuju u točnosti:

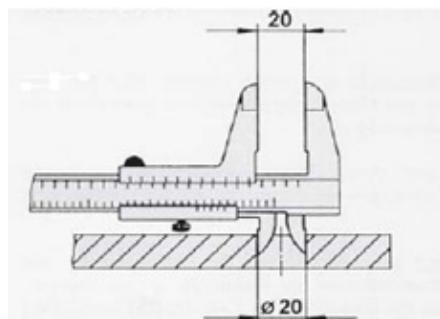
0,1 mm – dužina noniusa je 9mm s 10 crtica,
0,05 mm – dužina noniusa je 19mm s 20 crtica i
0,02 mm – dužina noniusa je 49mm s 50 crtica



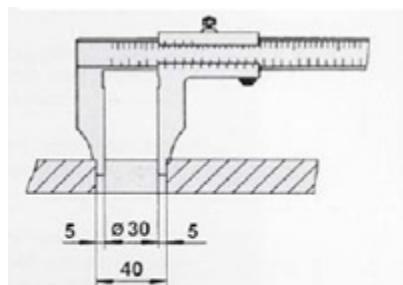
Primjer očitanja mjerila točnosti 0,05 mm



Univerzalno mehaničko mjerilo



Mjerjenje provrta s unutarnjim krakovima



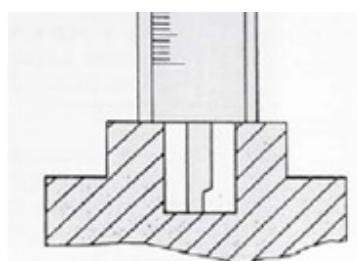
Na očitanu vrijednost dodati dvostruku širinu kraka:
 $30+2 \times 5=40 \text{ mm}$



Pomično mjerilo s mjernom urom



Pomično mjerilo s digitalnim pokazivačem

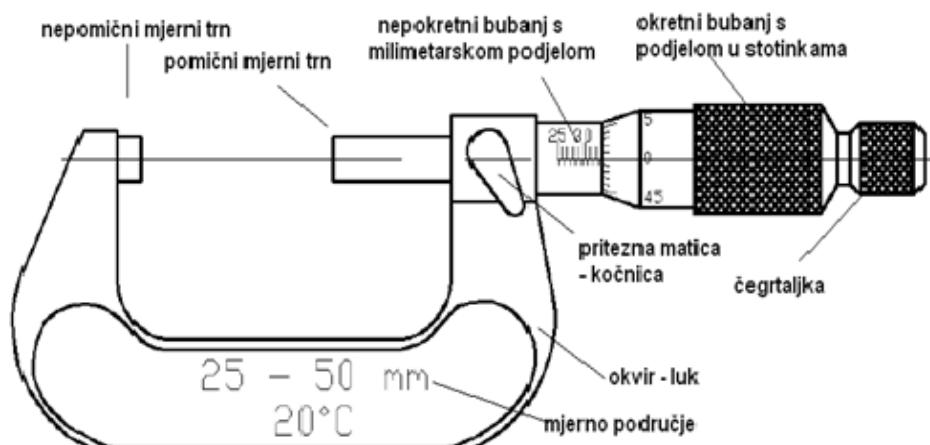


Mjerjenje dubine pomoću produžetka na pomičnom kraku

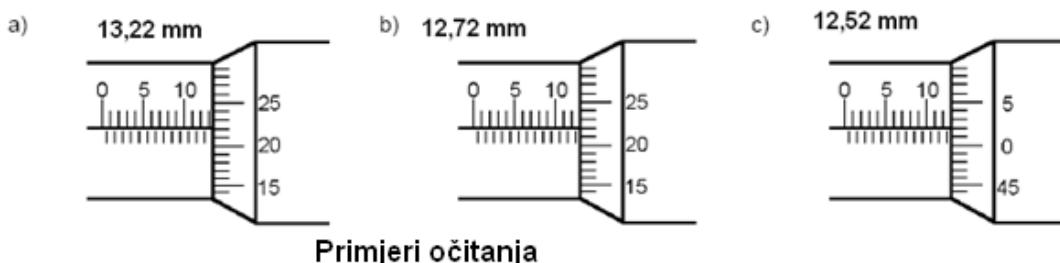


3.7 Mikrometar

- točnost mjerjenja: 0,01mm, a s digitalnim pokazivačem 0,005; 0,002 i 0,001 mm
- za mjerjenje vanjskih i unutarnjih mjera, dubine prvrta, profila navoja i zupčanika,...
- najvažniji dio mjerila je mikrometarski vijak s usponom navoja 0,5 ili 1 mm.
- kod uspona navoja 1 mm potreban je 1 okretaj bubnja za pomak od 1 mm, a kod uspona navoja 0,5 mm potrebna su 2 okretaja
- dužina vijka je samo 25 mm zbog točnosti izrade i mjerjenja.
- proizvode se za područje mjerjenja: 0-25 mm, 25-50, 50-75, 75-100 mm, ...



Mikrometar za vanjske mjere





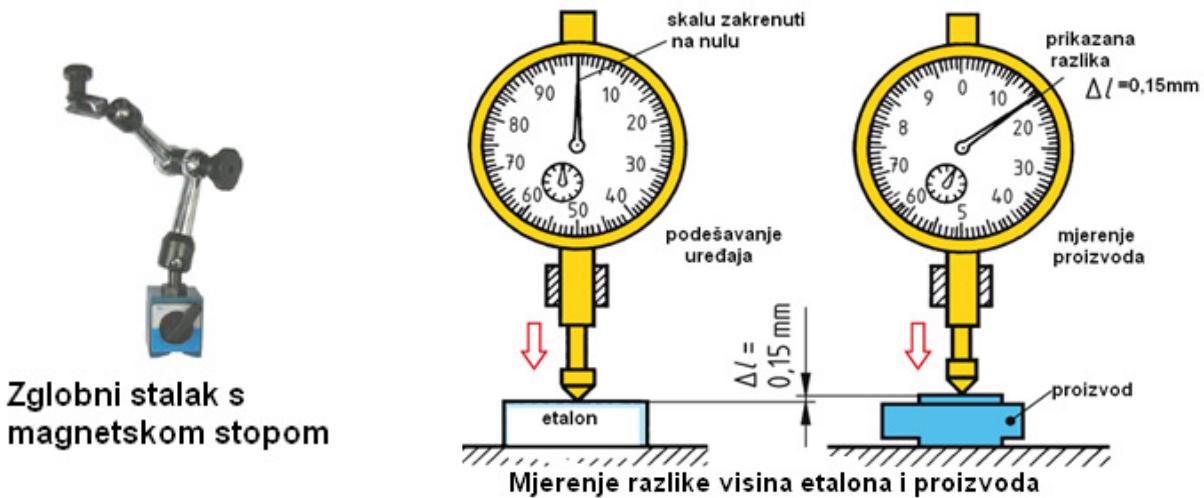
Vrste mikrometara

3.8 Mjerna ura – komparator

- precizno mjerilo pokazuje odstupanje od mjere, a ne samu mjeru
- često se kontroliraju odstupanja od oblika i položaja obrađenih površina: kružnost, pravocrtnost, ravnost, paralelnost, okomitost, kružnost i ravnost vrtnje...
- drška komparatora je zglobno povezana sa stalkom, a stalak je s magnetskom stopicom za pričvršćenje na metalnu podlogu
- mehanizam za pretvaranje pravocrtnog gibanja ticala u kružno gibanje kazaljke sastoji se od zupčanika i zubne letve
- mogu biti mehanički, optički, električni..
- **finomjerni komparator** ima skalu s podjelom $10 \mu\text{m}$ ili $1 \mu\text{m}$, a mehanizam za pretvaranje gibanja sastoji se od segmentiranih zupčanika: veća točnost, ali uže područje mjerjenja

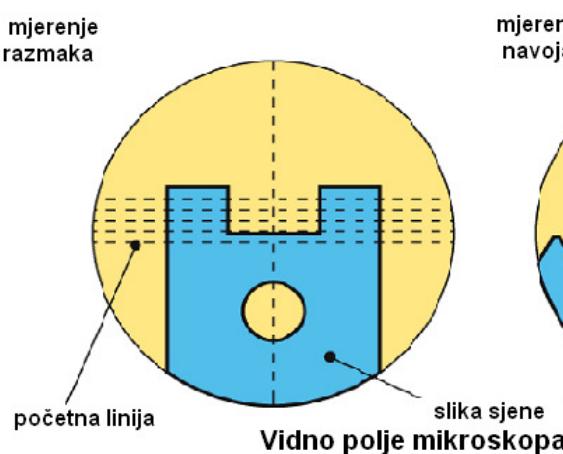
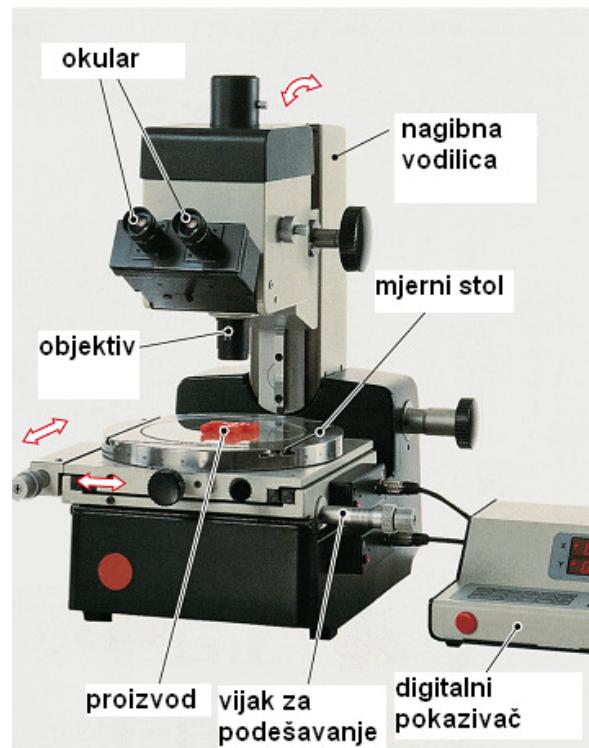


Komparator s nastavcima za
mjerjenje dubina



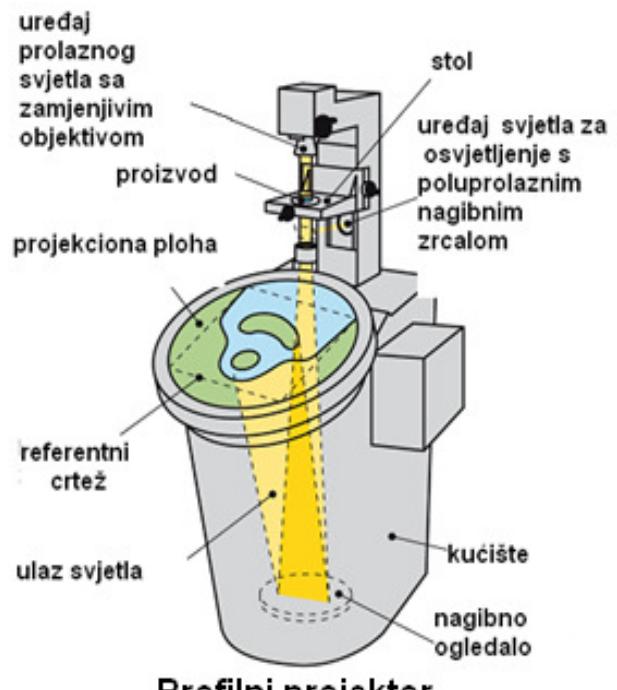
3.9 Mikroskop

- optički mјerni uređaj koji precizno pozicionira početnu točku (rub) na proizvodu, a zatim pomicanjem stola i završnu točku mјerenja te pomoću digitalnog pokazivača prikazuje mjeru
- obično se koristi za mјerenje manjih i osjetljivih dijelova (nema izravnog kontakta), uspona i profila navoja, koraka ozubljenja na zupčanicima,dijelova kalupa za polimere...
- proizvode se s različitim povećanjem, obično 20 do 200 puta
- obavezno u klimatiziranim uvjetima
- mikroskopi jednostavne izvedbe postavljaju se neposredno na alatni stroj za prednamještanje alata



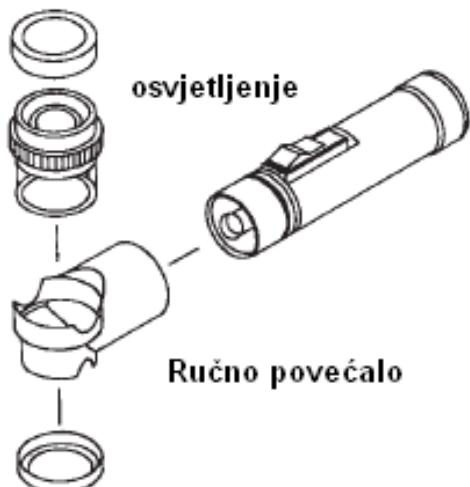
3.10 Profilni projektor

- za provjeru točnosti malih i složenih oblika proizvoda, npr: u alatničarstvu pri izradi profilnih tokarskih noževa
- projicira uvećanu sliku (sjenu) proizvoda na projekcionu plohu i uspoređuje s uvećanim crtežom na transparentnom papiru (paus)
- povećanje se kreće od 10 do 100 puta



3.11 Ručna ili džepna povećala

- za kontrolu dužina, kutova, deblijina crta, uspona navoja
- povećanja do 8 puta
- sastoje se od drške s baterijom i okvira za prihvatanje leće
- uz povećalo se isporučuje garnitura leća s ucrtanim veličinama
- laka i brza zamjena leća



Leće s ucrtanim veličinama:



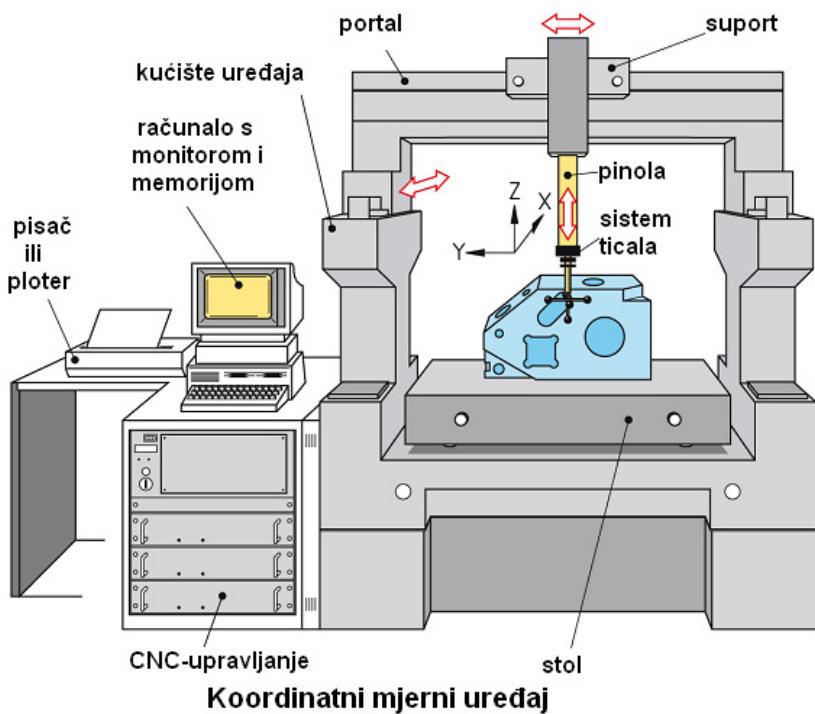
3.12 Koordinatni mjerni uređaj (prostorni)

- za prostorno mjerjenje (x,y,z) komplikiranih tijela (dužina, kutova, oblika, međusobnog položaja ploha i prvrta..)

- omogućuje složena mjerjenja s jednim postavljanjem proizvoda na mjerni stol, čime se izbjegavaju greške namještanja

- jednostavan odabir povoljnog položaja koordinatnog sustava mjerjenja pomoću sistema ticala

- pomicanje glave s ticalom je ručno, a može biti i upravljano preko istosmjernih motora

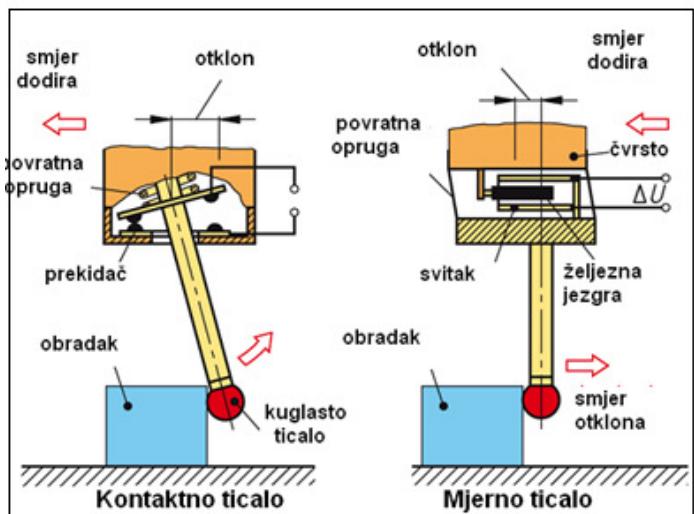


- početna i završna točka mjerjenja utvrđuju se određenom **veličinom otklona** ticala na dva načina (slike ticala):

a) **kontaktno ticalo** - pomoću prekidača

b) **mjerno ticalo** – mjeranjem razlike induktivnog napona ΔU

- rezultati mjerjenja se očitavaju na monitoru ili ispišu na pisaču, a mogu se i grafički prikazati pomoću plotera



3.13 Čvrsta ili stalna mjerila – kontrolnici

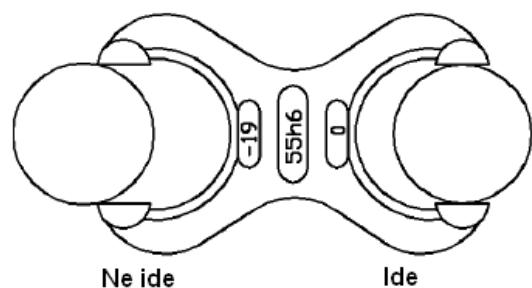
- namjenjeni su za brzu i točnu kontrolu u serijskoj i masovnoj proizvodnji te izradu zamjenjivih dijelova zbog njihova istrošenja u eksploataciji

- izrađuju se vrlo precizno da tolerancija izrade njihovih mjera ne bi utjecala na rezultate mjerjenja

- razlikujemo kalibre, mjerne pločice – etalone i mjerne listiće

a) Kalibri za kontrolu vanjskih mjera – račve, rašlje

- rašljasti kalibri za brzu kontrolu osovina s otvorima na oba kraja i oznakama odstupanja od upisane mjere
- strana "Ide" znači da stvarna mjera osovine nije veća od gornje dopuštene mjere, a strana "Ne ide" znači da je stvarna mjera osovine jednaka ili veća od donje dopuštene mjere
- mjere otvora kalibra određuju se po posebnoj proceduri uzimajući u obzir i toleranciju izrade otvora kalibra



b) Kalibri za kontrolu unutarnjih mjera – mjerni trnovi

- kalibri s dvije strane za brzu kontrolu pravota s oznakama odstupanja od upisane mjere
- strana "Ide" znači da stvarna mjera pravota nije manja od donje dopuštene mjere, a strana "Ne ide" da stvarna mjera pravota nije veća od gornje dopuštene mjere



c) Mjerne pločice – etaloni

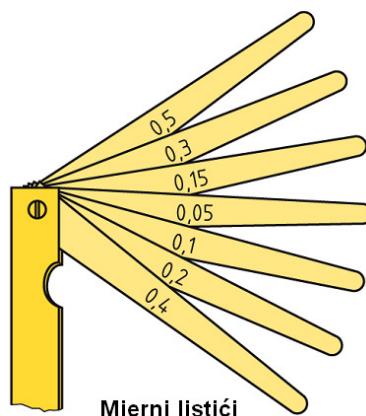
- za precizno mjerjenje i kontrolu mjernih instrumenata
- čelične, kaljene, brušene, lepane i polirane do visokog sjaja s utisnutom mjerom debljine i stupnjem točnosti
- **stupnjevi točnosti:**
 - 0 - visoka, za provjeru preciznih mjerila
 - I – za mjerila uobičajene točnosti
 - II – za radionička mjerila
 - III – za mjere u proizvodnji
- isporučuju se kao garniture, npr: 50 kom za područje mjerjenja od 1 do 1,5 mm



Garnitura s 87 pločica

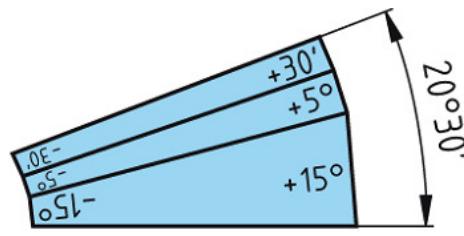
d) Mjerni listići

- snop mjernih listića s označenim debljinama za provjeru zazora te odstupanja od pravocrtnosti i ravnosti obrađenih površina



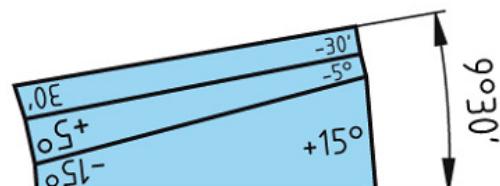
3.13 Mjerenje kuta

- osim uobičajenih kutnika i kutomjera u alatničarstvu se koriste i:
- a) **kutnici** čije mjerne plohe zatvaraju točan kut
- iste su tvrdoće i kvalitete obrade kao i etaloni za paralelne površine
- s kompletom kutnika moguće je kontrolirati sve kutove od 0° - 90° s korakom $1'$
- potrebno je zbrajati i oduzimati namještene veličine kutova



Primjer zbrajanja

$$+15^{\circ} + 5^{\circ} + 30' = 20^{\circ}30'$$

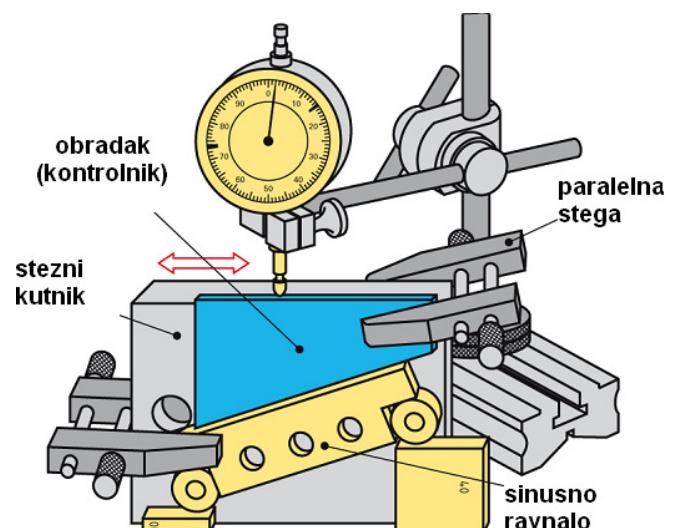
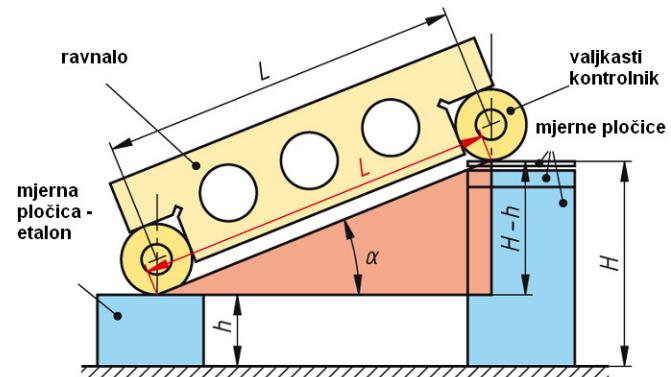


Primjer oduzimanja

$$+15^{\circ} - 5^{\circ} - 30' = 9^{\circ}30'$$

b) sinusno ravnalo

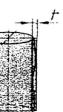
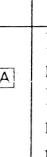
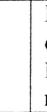
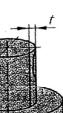
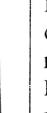
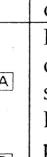
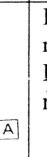
- sinusno ravnalo služi za točno postavljanje kuta kod kontrolnika i steznih naprava
- sastoji se od ravnala i dva valjkasta kalibra s potpuno istim promjerima
- spojnica njihovih središta mora biti potpuno paralelna s rubom ravnala
- udaljenost između središta valjaka mora biti poznata i obično je 100 – 200 mm
- zbog dobrog nalijeganja i točnih rezultata preporučuje se ispod valjaka postaviti etalone
- udaljenost između središta valjaka je hipotenuza, a okomiti razmak je nasuprotna kateta kutu a u pravokutnom trokutu
- **primjer:** $L=100\text{mm}$, $h=20 \text{ mm}$,
- $\alpha=24^{\circ}30'$, $H=?$
- rješenje: $\sin \alpha = (H-h) / L$
- $H=L \sin \alpha + h = (100 \times 0,4147) + 20$



Primjer mjerenja

$$H = 61,47 \text{ mm}$$

3.14. Tolerancije oblika i položaja

Osobina/znak	Slika	Primjer	Definicija / primjer
pravocrtnost			Definicija: Tolerancijska zona u mjerenoj ravnini omeđena je s dva paralela pravca udaljena za t . Primjer: Svaka izvodnica na toleriranoj cilindričnoj plohi mora biti između dva paralela pravca udaljena za 0,05 mm.
ravnost			Definicija: Tolerancijska zona je omeđena s dvije paralele ravnine udaljene za t . Primjer: Tolerirana ploha mora biti između dvije paralele ravnine udaljene za 0,05 mm.
kružnost			Definicija: Tolerancijska zona u mjerenoj ravnini okomitoj na os omedena je s dva koncentrična kruga udaljena za t . Primjer: Kružnica (opseg) bilo kojeg poprečnog presjeka mora biti između dvije koncentrične kružnice udaljene za 0,05 mm.
cilindričnost			Definicija: Tolerancijska zona je omeđena s dva koaksijalna cilindra udaljena za t . Primjer: Tolerirana cilindrična ploha mora biti između dva koaksijalna cilindra udaljena za 0,1mm.
nagib			Definicija: Tolerancijska zona je omeđena s dvije paralele ravnine udaljene za t i nagnute prema referentnom kutu . Primjer: Tolerirana ploha mora biti između dvije paralele ravnine udaljene za 0,1 mm i nagnute za 15° u odnosu na referentnu ravninu A.
paralelnost			Definicija: Tolerancijska zona u mjerenoj ravnini omeđena je s dva pravca udaljena za t i paralela s referentnom plohom. Primjer: Svaka linija na toleriranoj plohi omeđena je s dvije ravnine udaljene 0,1 mm i paralele s referentnom plohom A.
okomitost			Definicija: Tolerancijska zona u mjerenoj ravnini omeđena je s dva paralela pravca udaljena za t i okomita na referentnu ravninu. Primjer: Svaka izvodnica na toleriranoj cilindričnoj plohi mora biti između dva paralela pravca udaljena 0,2 mm i okomita na referentnu plohu A.
kružnost vrtnje			Definicija: Tolerancijska zona u mjerenoj ravnini okomitoj na os omedena je s dvije koncentrične kružnice udaljene za t , čija središta leže na referentnoj osi. Primjer: Odstupanje kružnosti vrtnje tolerirane plohe ne smije prekoračiti 0.05mm obzirom na referentnu os koju tvore A i B.
ravnost vrtnje			Definicija: Tolerancijska zona je omeđena s dvije paralele ravnine, udaljene za t i okomite na referentnu os. Primjer: Tolerirana ploha mora biti između dvije paralele ravnine koje su udaljene 0,1 mm i okomite na referentnu os A.
koaksijalnost			Definicija: Tolerancijska zona je omeđena cilindrom promjera t , čija se os poklapa s referentnom osi. Primjer: Os toleriranog rukavca mora biti u odnosu na referentnu os A unutar koaksijalnog cilindra promjera 0.05 mm.
smještaj			Definicija: Tolerancijska zona je omeđena cilindrom promjera t , čija je os na teoretski točnom mjestu tolerirane pozicije. Primjer: Os toleriranog provrta mora biti unutar cilindra, promjera 0,05 mm, čija je os na teoretski točnom mjestu u odnosu na ravnine A i B.