

## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

### 10.1. UVOD

Kontrola kvaliteta površina sve je značajnija, pogotovu u proizvodnji preciznih alata i instrumenata, opterećenih elemenata i mašina i brzohodnih motora i uređaja. Pritom je zadatak proizvodnje, izrada površina, koje uz minimalne troškove daju zadovoljavajuću radnu sposobnost. U nekim slučajevima (etaloni, merke, rezne ivice alata) potrebno je izraditi odgovarajuće površine sa minimalnom hrapavošću, dok u drugim to nije slučaj. Naime, čitav niz visoko opterećenih delova u mašinstvu, ne rade pod optimalnim uslovima tada, kad njihove obradjene površine imaju minimalnu hrapavost, nego kada postoji potreban odnos između sposobnosti nošenja i klizanja i mogućnosti stvaranja i održavanja neophodnog sloja maziva i pri radnim brzinama i opterećenjima i pri preopterećenju.

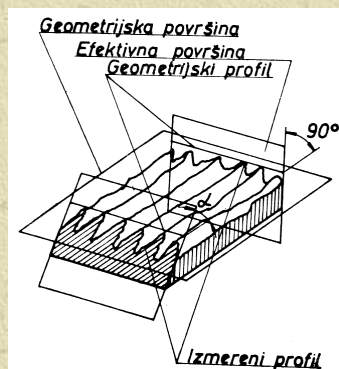
Kontrola kvaliteta površina obuhvata određivanje mikrogeometrijske karakteristike, odnosno hrapavosti i makrogeometrijske, u koju spada uravnjenost.

## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Kriterijum za određivanje stepena hrapavosti za određenu vrstu obrade skidanja strugotine, dati su standardom (JUS M.A1.020). Pritom se posmatra efektivna površina u odnosu na geometrijsku (idealnu) površinu i to na određenoj referentnoj dužini ( $l$ ). Ova dužina zavisi od vrste i finoće obrade (JUS M.A1.021), slika.

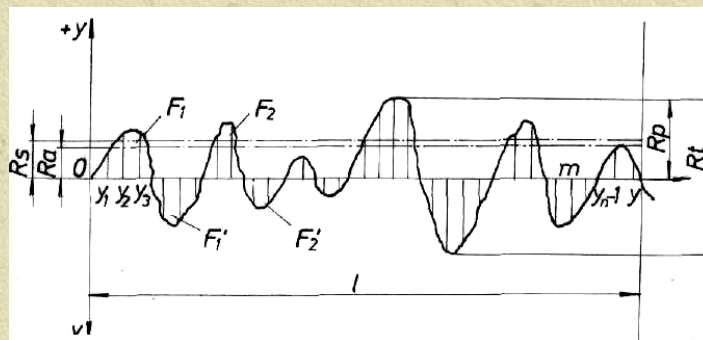
Geometrijski profil leži u vertikalnoj ravni i on ne mora biti najpogodniji za određivanje veličina neravnina.

Stoga se koristi efektivni profil, koji se dobija u preseku efektivne površine i jedne dogovorno usvojene ravni, nagnute u odnosu na geometrijsku površinu pod uglom  $\alpha$ . Efektivni profil je postavljen u odnosu na apscisnu osu tako da je suma kvadrata odstojanja svih tačaka profila od apscise minimuma, na referentnoj dužini.



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Pri određivanju veličine hrapavosti treba praviti razliku između stvarnih veličina hrapavosti, kao vrednosti rastojanja između najvišeg vrha i najnižeg udubljenja površine, koja se naziva maksimalnom hrapavošću ( $R_t$  ili  $R_{max}$ ) i računskih, srednjih vrednosti, koje se računaju u odnosu na neki srednji profil površine (slika). Imamo više vrsta srednjih vrednosti.



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Srednja aritmetička vrednost ( $R_a$ ), kao srednja vrednost sume odstojanja svih tačaka efektivnog profila od srednje linije, na određenoj referentnoj dužini i iznosi:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx \approx \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i)}{n}$$

Srednja linija se nalazi na rastojanju  $R_p$  (obeležava se sa  $G$ ) od najvišeg vrha profila i dobija se na taj način što ona polovi efektivni profil tako, da je suma površina svih ispupčenja ravna sumi površina svih udubljenja, tj.

$$\sum_{i=1}^n F_i = \sum_{i=1}^n F'_i$$



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Srednja aritmetička vrednost je najčešće korišćeni parametar hrapavosti u metričkom sistemu mera.

Geometrijska srednja hrapavost ( $R_s$ ) dobija se iz izraza:

$$R_s = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l y^2 dx} \approx \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n Y_i^2}{n}}$$

Ova će vrednost u odnosu na  $R_a$  biti utoliko veća, ukoliko je veća nesimetričnost profila površine.

Srednja visina neravnina u 10 tačaka ( $R_z$ ) predstavlja razliku srednjih aritmetičkih vrednosti visina pet najviših i pet najnižih tačaka profila na referentnoj dužini  $l$ .

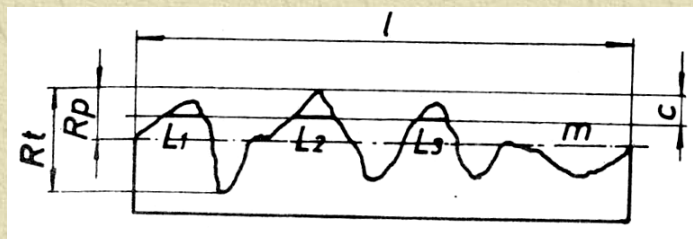
$$R_z = \frac{(y_1 + y_3 + y_5 + y_7 + y_9) - (y_2 + y_4 + y_6 + y_8 + y_{10})}{10}$$

## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Imeđu  $R_{max}$  i  $R_z$  postoji odnos  $R_{max} \approx 1,6R_z$ .

Procenat nošenja profila ( $t_p$ ) izražava se u procentima (slika) i iznosi:

$$t_p = \frac{L_1 + L_2}{l} \cdot 100\%$$

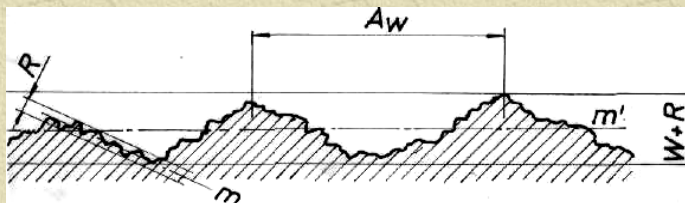


## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Medjutim, profil sadrži osim hrapavosti i valovitost (W). Prilikom merenja, ove dve veličine se međusobno preklapaju. Ukoliko je referentna dužina veća, utoliko se veći procenat valovitosti prenosi, zajedno sa hrapavošću, na uređaju koji ga registruje (slika).

Površine su razvrstane u zavisnosti od hrapavosti. Primarni parametar za ovu klasifikaciju je srednja aritmetička hrapavost ( $R_a$ ), a sekundarni srednje visine neravnina ( $R_z$ ). U tabeli su date klase tačnosti od navedenih parametara, uporedni pregled oznaka kvaliteta površine (tabela).

Veza izmedju kvaliteta obrade i klase tolerancije data je u tabeli.



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

**UPOREDNI PREGLED NOVIH I STARIH OZNAKA KVALITETA HRAPAVOSTI**

ISO, JUS M. AO. 065/177 KLASE HRAPAVOSTI VAŽE OD 1978-01-01		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	▽
$R_a \leq$	$\mu m$	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	
	$\mu INČA$	1	2	4	8	16	32	63	125	250	500	1000	2000	
$R_z^*$	$\mu m$	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200	
$R_t^*$	$\mu m$	0,40	0,63	1,25	2,5	4	8	16	25	50	100	160	250	
STARE OZNAKE DIN GOST RED. A	VAŽILE DO 1978	2/	3/	4/	5/	6/	7/	8/	9/	10/	11/	12/	13/	
	VAŽILE DO 1965	▽13	▽12	▽11	▽10	▽9	▽8	▽7	▽6	▽5	▽4	▽3	▽2	
	OD	0,10	0,040	0,080	0,160	0,32	0,63	1,25	2,5	20	40	80	160	
	DO	0,08	0,032	0,063	0,125	0,25	0,50	1,00	2,0	10	20	40	80	
		$R_z$			$R_a$					$R_t$				
VAŽILE DO '77	▽13	▽12	▽11	▽10	▽9	▽8	▽7	▽6	▽5	▽4	▽3	▽2		
$R_t \leq \mu m$		1				6,3		25		100				

\* Uporedjenje  $R_t$  prema  $R_a$  vršeno je prema DIN-u 4767/70, a  $R_t$  i  $R_a$  prema JUS-u M.A1.020/79 i približno je.



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

### 10.2. MERENJE HRAPAVOSTI

#### *Uporedne metode*

Kontrola hrapavosti površina pomoću uporednih etalona je vrlo jednostavna i široko rasprostranjena metoda u radionicama.

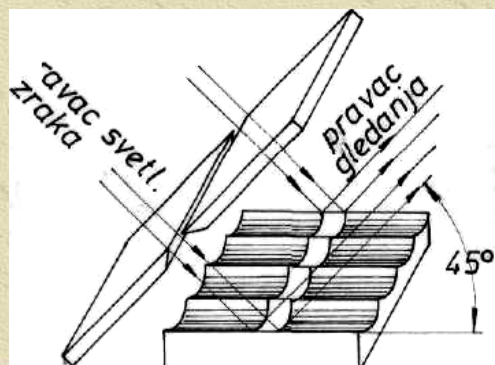
Etaloni se izrađuju u garniturama, koje se sastoje od čeličnih ili livenih brušenih uzoraka veličine, obično (20 x 30) mm. Uzorci, koji se obrađuju struganjem, rendisanjem, glodanjem ili razvrtanjem su nekaljeni, i kale se, ako se obrađuju brušenjem i poliranjem.

Kod kontrole hrapavosti upoređivanjem, uzorci se izrađuju od istog materijala, kao i radni predmeti, i sa istim režimom rezanja. S obzirom da su površine koje upoređujemo različite veličine, što dovodi do optičke varke, izrađuje se maska sa dva otvora iste veličine, koja se stavlja preko uzorka i radnog predmeta i tada se upoređuje kvalitet obradjene površine u odnosu na etalon. Tačnost spravnjivanja zavisi od iskustva kontrolora, od jačine osvetljenja i od klase tačnosti izrade površine. Povećanje tačnosti vizuelnog upoređivanja postiže se upotrebom lupe, obično sa uvećanjem 5X.

## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

#### *Metoda svetlosnih preseka*

Metoda svetlosnih preseka se sastoji u tome, što se pri osvetljavanju površine tankim snopom svetlosti pod uglom, obrazuje uska osvetljena traka, koja predstavlja trag preseka posmatrane površine i površine koju obrazuju svetlosni zraci. Postavio ju je prof. Schmaltz i koristi se za merenje hrapavosti od 4 do 11 klase tačnosti (slika.).



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Ovim se načinom dobija  $R_t$ , jer ne postoji mogućnost integracije unutar referentne dužine, kako bi se dobile vrednosti  $R_a$  i  $R_s$ .

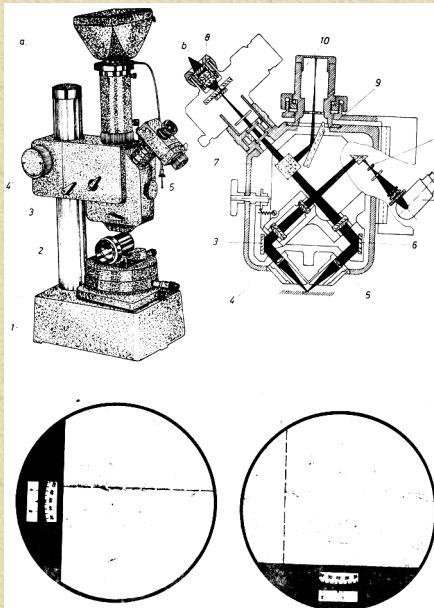
Svetlosni zraci padaju pod uglom od  $45^\circ$ , a pravac gledanja uske osvetljenje površine je pod istim uglom. Profil je uvećan za faktor 2. Da bi se odmah dobila stvarna vrednost  $R_t$ , okular se može zakretati, pa je na taj način izbegnuto naknadno preračunavanje.

Uredjaj je proizvela firmna Zeiss (slika). Sastoji se iz masivnog postolja (1) u koje je učvršćen noseći stub (2).

Po njemu se podiže i spušta držač optičkog sistema (3) i učvršćuje u željeni položaj pomoću dugmeta (4).

## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

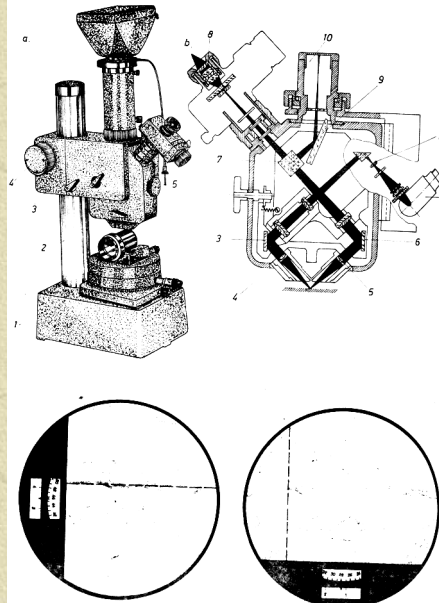
Na slici b prikazan je presek uredjaja. Svetlosni snop od izvora svetla (1) prolazi kroz procep (2), sistem prizmi i sočiva, i ogledala (3) pa se preko objektivna (4) projektuje na ispitivanu površinu. Slika površine se prenosi preko ogledala (6) i razdelne prizme (7), tako da se može posmatrati kroz mikroskop, koji se sastoji iz objektivna (5) i sočiva okulara (8). Oba objektivna (4) i (5) imaju iste optičke karakteristike, a njihove ose zaklapaju prav ugao. Razdelna prizma (7) omogućava usmeravanje snopa svetla u dva pravca, na mikroskop i na tubus (10) i preko ogledala (9), koji služi za priključak na foto kameru. Uredjaj ima četiri para objektivna: 7X, 14X, 30x i 60x. Lak je i pogodan za prenošenje, pa može služiti i za merenje u radionicama.





## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Merenje se vrši na taj način, što se nosač (3) postavi na potrebnu visinu, u zavisnosti od radnog predmeta i učvrsti, pošto smo stavili odgovarajući objektiv. Sliku osvetljene površine postavljamo u sredinu vidnog polja i izoštrimo sliku. Linija končanice, pomoću dugmeta (5), se postavlja tako da tangira usku osvetljenu traku merne površine na najvišem bregu, očita se mera, a zatim se okretanjem dugmeta postavi linija u najniži položaj, kad dodiruje dno udubljenja i ponovo očita mera. Razlika daje veličinu maksimalne hrapavosti (slika c). Merenje hrapavosti traži izvežbano oko kontrolora.



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

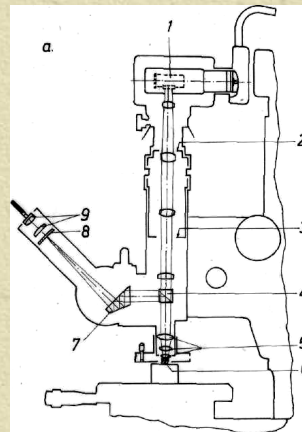
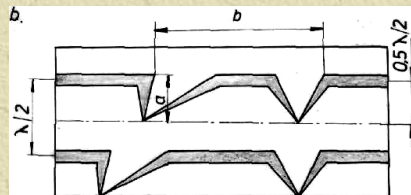
### *Metoda interferencije svetlosti*

Metoda interferencije svetlosti zasniva se na već poznatoj pojavi interferencije svetlosti. Interferentni mikroskop konstruisala je firma C. Hohansson (Multimi 3000D), firma Zeiss (veliki i mali interferentni mikroskop) i drugi. Na slici prikazan je Zeiss-ov veliki interferentni mikroskop. Snop svetlosnih zraka, niskonaponske sijalice sa talijumom (1) ( $\lambda = 0,535 \mu\text{m}$ ) osvetljava dijafragmu (2) i (3), i preko kombinovane poluprovodne ploče (4), sočiva objektiva (5) i poluprozirnog stakla (6) pada na površinu mernog predmeta koji leži na stolu uređaja. Odbijeni zraci od mernog predmeta i od prizme (4) preko okretne prizme (7) merne ploče (8) i sočiva okulara (9) dospevaju u oko posmatrača.

## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Ako je površina ravna, pruge su međusobno paralelne i razmaknute za  $\lambda/2$ . U suprotnom, pruge ulaze jedna u drugu i veličina tog ulaženja je mera za hrapavost. Upoređivanjem veličine  $a$ , izbočine interferentne pruge i razmaka interferentnih pruga  $b$  (slika b) dobićemo da je maksimalna hrapavost:

$$R = \frac{a}{b} \frac{\lambda}{2}$$



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

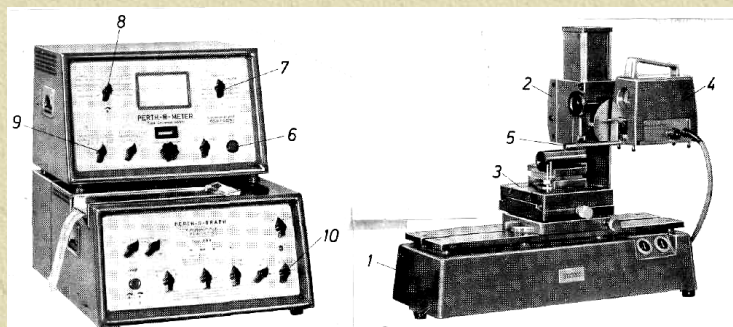
U tabeli su data povećanja i razmere vidnog polja uz različite objektivne. Pošto se sa sigurnošću može oceniti 1/10 širine pruge, donja granica merenja  $R_{max}$  znosi cca.  $0,03 \mu m$ .

Objektiv	70x	140x	170x	340x
Vidno polje (mm)	1,75	0,85	1,3	0,65



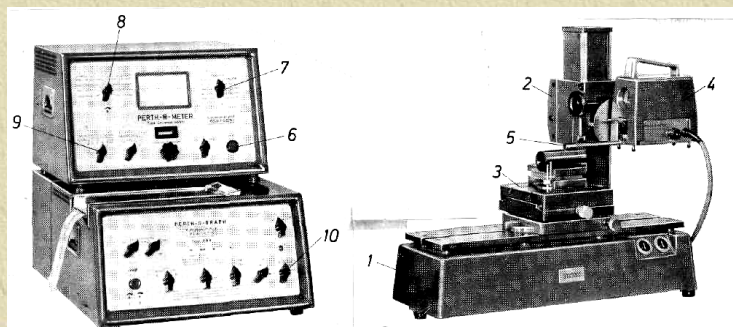
## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

*Mehaničko-elektronske uređaje* za merenje hrapavosti, proizvode firme Mahr, Perthen, Taylor Hobson, Mitutoyo. Pipak malog radijusa na vrhu ( $<10\ \mu\text{m}$ ) klizi po površini mernog predmeta i prenosi podatke na analogni/digitalni pokazivač i pisač. Da se prilikom prolaska pipka površina nebi oštećivala, pipak ima sopstvenu, stalnu frekvenciju, a površina ovo pulziranje modulira u zavisnosti od površine. Ovakom moduliran impuls se pojačava, zatim demodulira u elektronskom delu uređaja, tako da se dobija istosmerni pulzirajući napon, zavisano od profila površine.



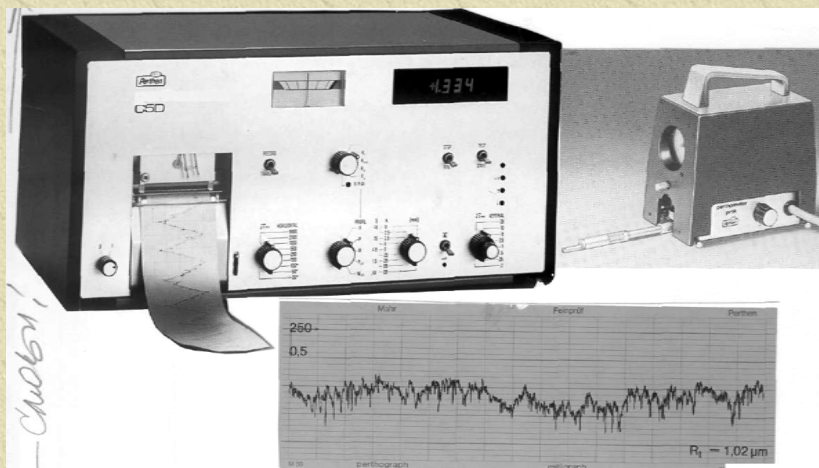
## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Uređaj se sastoji iz postolja sa stalkom (1), stola (3), koji se može pomerati, držača merne glave (2) i merne glave (4), (slika). Merni pipak (5) sadrži mikro sistem za dodirivanje, u čijem se kućištu nalazi elektromehanički pretvarač mernih vrednosti pomoću indukcije, priključen na naizmenični napon. Dijamantski vrh pipka ima vrlo mali radijus ( $<10\ \mu\text{m}$ ), a u nekim slučajevima čak ( $1-2\ \mu\text{m}$ ), jer zbog uticaja radijusa vrha, slika profila je nešto drugačija od stvarnog profila.



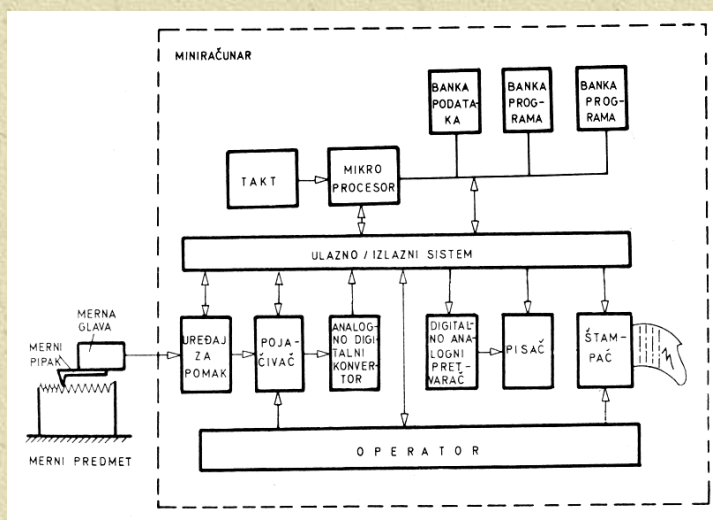
## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Na slici dat je Perthometer novije konstrukcije sa digitalnim pokazivačem i pisačem i prenosivom mernom glavom, koja se može postaviti na stalak za mernim stolom za prihvatanje predmeta.



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Na slici vidi se funkcionalna šema Perthometer S 5P (Mahr Perthen).

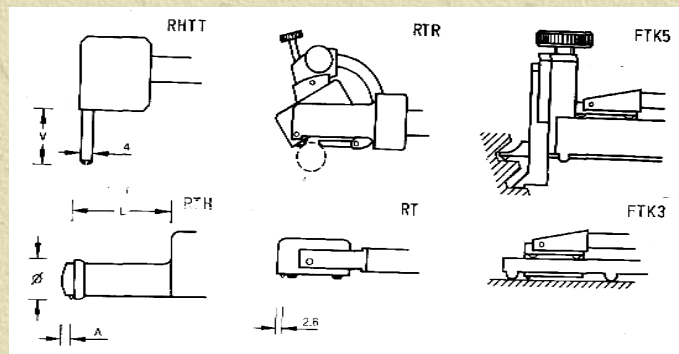




## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Oblik mernog pipka zavisi od oblika površine čija se hrapavost meri, pa se rade kao polukruti i klateći. Takodje mogu biti pipci za kontrolu ravnih i cilindričnih površina, spoljnih i unutrašnjih, za konkavne i konveksne površine, kose i jako valovite (slika).

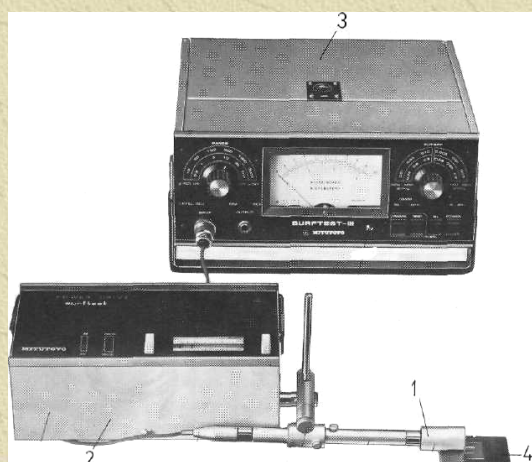
Baždarenje uredjaja vrši se pomoću specijalnih etalona. Meru  $R_z$ ,  $R_t$ ,  $R_a$ ,  $R_p$  (procenat nošenja),  $W_t$  (valovitost),  $P_t$  (maksimalna dubina profila).



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Na slici prikazan je moderan uredjaj Surfptest-III (Mn-tutoyo) sa induktnim davačem, kompletno tranzistoriziranim pojačivačem sa integrisanim kolom 1 mogućnošću promene brzine snimanja od 2 i 6 mm/s. Odgovara normama JIS, ASA, BS i DIN.

Sastoji se iz merne glave (1), jedinice za pomak (2), pojačivača i analognog pokazivača (3). Baždarenje se vrši preko etalona (4), koji predstavlja izuzetno ravnu površinu sa utisnutom crtom, prema čijoj veličini (hrapavosti) se baždari instrument. Referentne dužine koje se mogu podesiti na uredjaju su 2,5-0,8-0,25 mm (uz brzinu 6 mm/s) i 0,8-0,25-0,08 mm (uz brzinu 2 mm/s). Meri maksimalnu hrapavost  $R_t$  i srednju aritmetičku  $R_a$ .



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

### 10.3. ISPITIVANJE URAVNJENOSTI POVRŠINA

Stvarne površine imaju u odnosu na geometrijsku površinu neravnine, odstupanja od tačnog oblika, kao i greške međusobnog rastojanja i položaja. Ove netačnosti smanjuju eksploataciona svojstva radnih predmeta i sklopova, jer smanjuju kontaktnu površinu i povećavaju trošenje. Uravnjenost spada u makrogeometrijsku karakteristiku i ispituje se najčešće odvojeno od hrapavosti.

## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

### *Provera pomoću ploča i lenjira za tuširanje*

Za kontrolu uravnjenosti se vrlo mnogo koriste ploče i lenjiri za tuširanje.

Granitne ploče se izrađuju po DIN 876 u 00, 0, 1 i 2 klasi tačnosti. Merna nesigurnost ovih ploča iznosi:

$$00 \quad : \quad \pm \left( 1 + \frac{L_{mm}}{1.000.000} \right) \mu m$$

$$0 \quad : \quad \pm \left( 2 + \frac{L_{mm}}{500.000} \right) \mu m$$

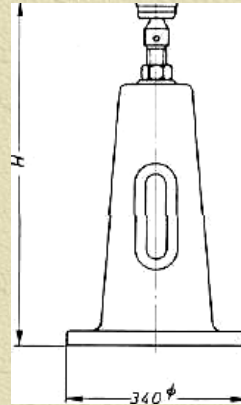
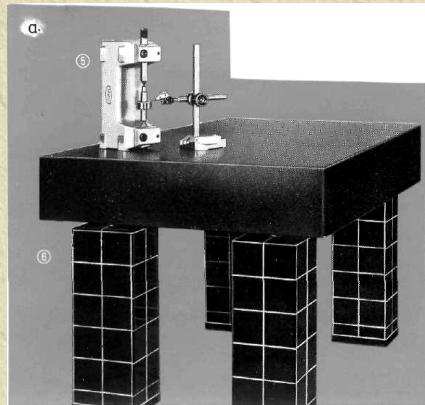
$$1 \quad : \quad \pm \left( 5 + \frac{L_{mm}}{200.000} \right) \mu m$$

$$2 \quad : \quad \pm \left( 10 + \frac{L_{mm}}{100.000} \right) \mu m$$



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Izradjuju ih firme Homel, Johansson, Mahr i druge u veličinama 800x500, 1000x630, 1200x800, 1500x1000, 2000x1000. Ploče mogu biti ravne (sl. a) ili sa T-žljebom. Obično imaju podešljive oslonce. Vrlo pogodan oblik livenog oslonca sa mogućnošću promene visine od 625-675 mm, prikazan je na sl. b.



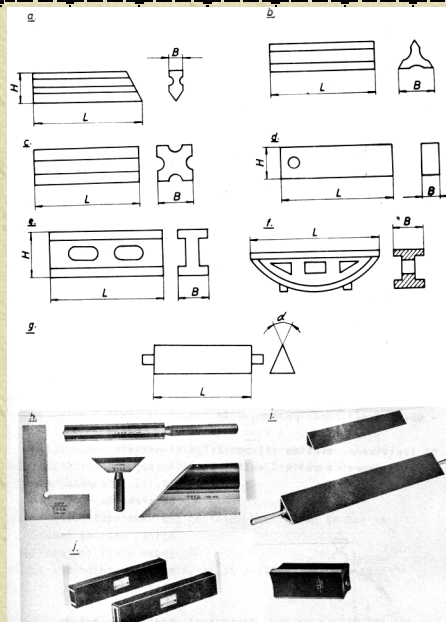
## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Ploče se mogu izradjivati kao merne ploče i kao probne. Probne ploče služe za proveru uravnjenosti po metodi mrlje. Stvara se nanošenjem premaza na ploču i pomeranjem po drugoj ploči, čija se uravnjenost ispituje (slika).



Lenjiri se izradjuju sa različitim poprečnim presekom (slike a, b, c, d, e, f, g), kao nožasti, trouglasti i četvorouglasti sa nožastim mernim ivicama, pravougaonikom sa dvostrukim T-profilom. Prva tri oblika se koriste za kontrolu metodom svetlosnog procepa. Ostali oblici služe za proveru pomoću graničnih merki. Na slike h,j, dat je izgled mernih lenjira firme Tesa.

## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Rade se u 4 klase tačnosti, sa mernom nesigurnošću:

I	:	$\pm (1 + \frac{L_{mm}}{500.000}) \mu m$	Na površinu koju ispitujemo postavljamo dve jednake granične merke, a preko njih lenjir za tuširanje. Zatim pomoću odgovarajućih graničnih merki ili komparatora proverava se rastojanje ispitivane površine od lenjira na raznim mestima. Dužina lenjira ne sme biti veća od 2000 mm, ako se želi izbeći savijanje lenjira pod dejstvom sopstvene težine.
II	:	$\pm (2 + \frac{L_{mm}}{200.000}) \mu m$	
III	:	$\pm (2 + \frac{L_{mm}}{200.000}) \mu m$	
IV	:	$\pm (2 + \frac{L_{mm}}{50.000}) \mu m$	

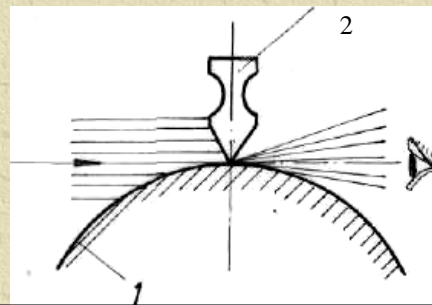


## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

### *Metoda svetlosnog procepa*

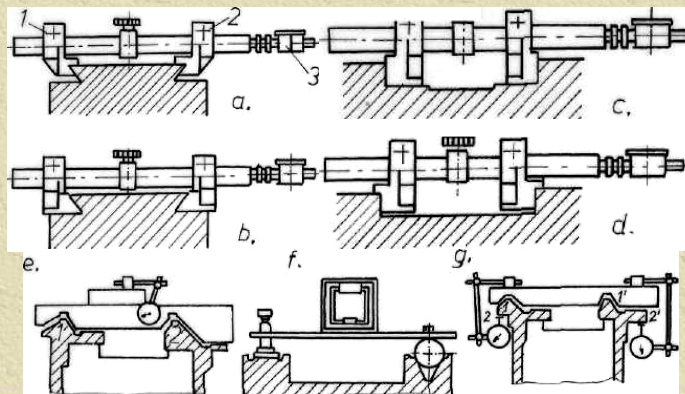
Na ispitivanu površinu (1) postavlja se nožasti lenjir (2), a zatim posmatra oblik i velična svetlosnog procepa (slika). Oko posmatrača treba da leži tačno na visini ivice lenjira, tako da samo jedan manji deo snopa zraka dospeva u oko.

Pomoću ove metode, pod uslovom da imamo dobro osvetljenje jačine od 100-150 luksa, može se uočiti procep od (0,5-1)  $\mu\text{m}$ . Ako se želi bolje uočavanje svetlosnog procepa, može se posmatranje vršiti pomoću zelene mat staklene ploče.



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Kod ispitivanja paralelnosti kliznih vodjica, kod mašina alatki može se koristiti relativno jednostavan uređaj sa nepokretnim pipkom (1), i pokretnim (2), (slike 1,b,c,d) Pomeranjem po dužini, očitavamo odstupanje od paralelnosti na satkomparatoru. Podešavanjem merila na nulu preko etalona, moguće je kontrolisati i meru. Mernu glavu je potrebno oblikovati prema obliku vodjice (kvadratne vodjice, lastin rep, itd.).



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Paralelnost dve prizmatične površine kontroliše se kao na slika e.

Leva strana mernog mosta vodjena je prizmom, a desna strana se kontroliše mernim satom.

Ravnu i prizmatičnu vodjicu ispitujemo, kao na slika f, uz korišćenje libele i valjčića, dok je ravna površina korišćena za bazu.

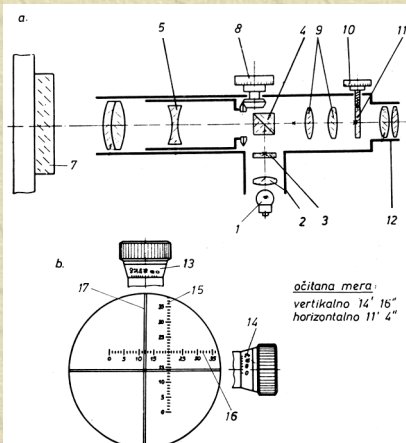
Paralelnost gornje i donje površine klizne vodjice kontroliše se tako, što se na merni most postavi magnetni stalak. Merni most klizi po gornjoj ravnoj i prizmatičnoj površini, a merni sat pokazuje odstupanje paralelnosti donjih ravnih površina (slika g).

Kolimatori. Visoka tačnost merenja uravnenosti površina postiže se upotrebom optičkim uređjaja nazvanih kolimatorima i autokolimatorima. Koriste se kod kontrole i kliznih površina i stolova mašina alatki, vreteništa i ležajeva i slično.

## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Na slici prikazan je autokolimacioni durbin firme Zeiss. Izvor svetlosti (1) preko sočiva kondenzora (2) i providne ploče (3) sa dve, međusobno upravne uglovne skale u minutima, baca zrake na poluprovodnu, kombinovanu prizmu (4). Zraci i svetlosti idu dalje kao snop paralelnih zraka kroz sočiva objektivna i padaju na ogledalo (7) postavljeno na radni predmet.

Odbijeni zraci se vraćaju, prolaze kroz prizmu (4) i projektuju se na ploču (1u), na kojoj je ucrtan dvostruki krst (17). Slika skale se posmatra kroz okular (12). Minuti se očitavaju, za horizontalnu i vertikalnu ravan na skalama (16), i (15), a sekunde na dobošima (14) i (13). Vrednost podeoka na dobošu je 4".



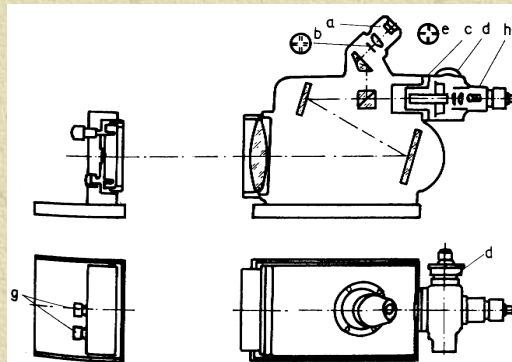


## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Postavljanjem ogledala na različite dužine, najčešće na svakih 100 mm, može se izvršiti vrlo precizno merenje i kontrola uravnenosti površine.

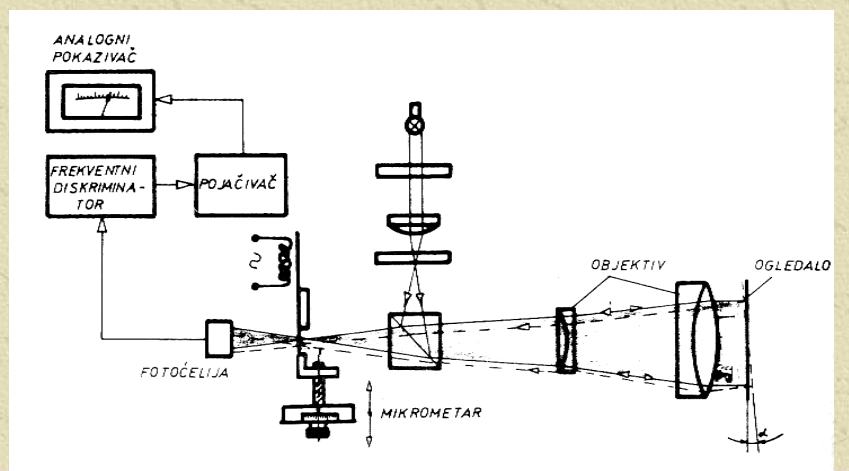
Najveća dužina merenja iznosi cca 20 m, a greška merenja  $< \pm 2''$ .

Na slici prikazan je izgled autokolimacionog durbina, proizvod firme Lindner. Princip rada je isti kao i kod prethodnog durbina. Konstrukcija je vrlo kompaktna. Merna ploča se nalazi u žižnoj ravni objektiva.



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Fotoelektrični autokolimator prikazan je na slici. Fotoelektrična jedinica se sastoji iz fotočelije i jedne ploče sa kvadratnim prorezom, pričvršćenom na mikrometerski vijak, radi podešavanja položaja proreza. Sa druge strane pločica je povezana za kalem sa jezgrom, pomoću koje vibrira.

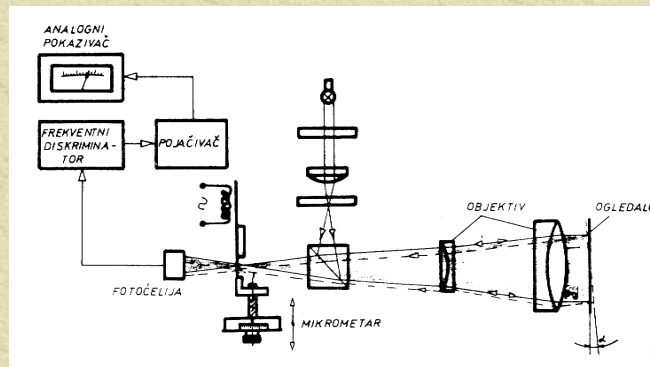


## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Kada je slika simetrično postavljena u odnosu na prorez, na fotočeliju dolazi svetlost čija je frekvencija 100 Hz, a za nesimetričan lik 50 Hz.

Sa fotočelije signal u obliku jednosmerne struje, odlazi u frekventni diskriminator, pa u pojačivač, a zatim na pokazivačku jedinicu.

Odstupanje površine (a) u uglovim jedinicama očitava se na mikrometarskom vijku, centrirajući pločicu sa prorezom, dok se ne izjednače referentna frekvencija (iz referentnog diskriminatora) i merna (iz fotočelije).



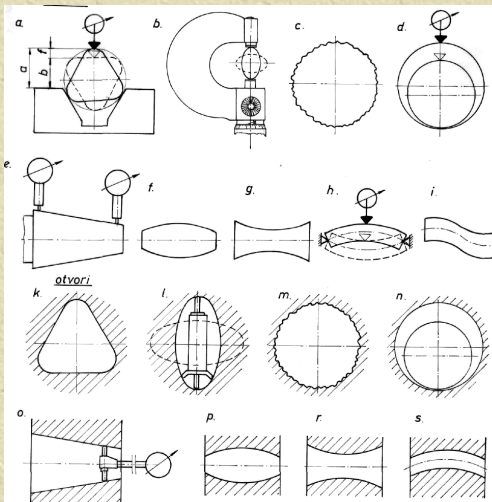
## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

### 10.4. KONTROLA OBLIKA

#### Kontrola oblika direktnom metodom

Ova se metoda koristi kod kontrole pravilnih profila, kao što je krug, prava linija, konus i slično i vrši se uglavnom univerzalnim mernim instrumentima, komparatorima i drugim merilima.

Nepravilnost okruglih osovina ili otvora najčešće se ispoljava u trouglastom, ovalnom, višegaonom ili ekscentričnom obliku, posmatrajući poprečan presek, ili konusnom, buričastom, sedlastom, iskrivljenom ili zavojnom obliku, u aksijalnom preseku radnog predmeta (slika).

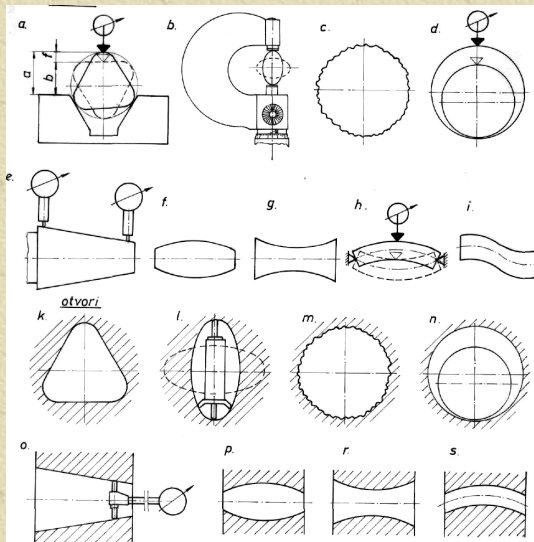




## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Kod nepravilnog trouglastog oblika osovine (slika a) merenje mikrometrom ne bi donelo zadovoljavajuće rezultate, jer bi se ista veličina dobila za razne položaje merila.

Zato se kontrola vrši u prizmama sa uglom od  $60^\circ$ , pa se očitavanjem mera a i b, dobija slika preseka predmeta. Ovalnost (slika b) se, međjutim, može meriti mikrometrom. Ekscentričnost i višeugaoni oblik kontroliše se uređajem za kontrolu ekscentričnosti (slike c-h).

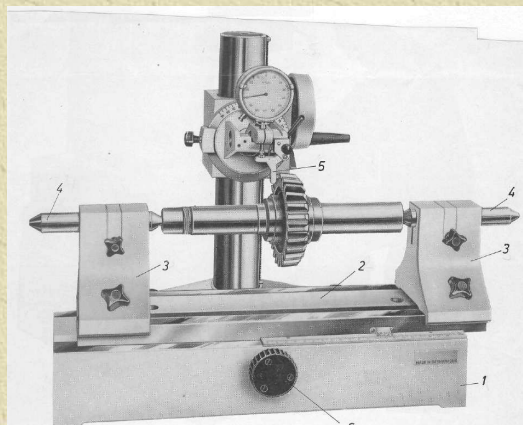


## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Na slici prikazan je uređaj koji može da meri bacanje cilindričnih osovina, konusnosti i drugo, ali i bacanje zupčanika cilindričnih i konusnih, korišćenjem izmenljivih pipaka sa kuglicom, čija veličina zavisi od modula.

Po postolju (1) kreće se klizač (2) posredstvom ručice (6). Na postolju se nalaze držači šiljaka (3) sa šiljcima (4), koji stežu radni predmet.

Okretanjem predmeta pipak (5) prenosi odstojanja od kazaljke komparatora. Ceo uređaj za očitavanje se može zakretati za željeni ugao, što je potrebno kod kontrole konusnih zupčanika.



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Merenje otvora je teže. Ovalnost se može kontrolisati subitom, dok se trouglast oblik dobija retko, obično kod obrade tankih zidova, kada se stezanje vršilo u tri tačke. Može se meriti merilom sa dodirom u tri tačke. Konusnost, buričast oblik i druge nepravilnosti mogu se kontrolisati merilom sa dodirom u dve tačke, a ekscentričnost pupitastom.

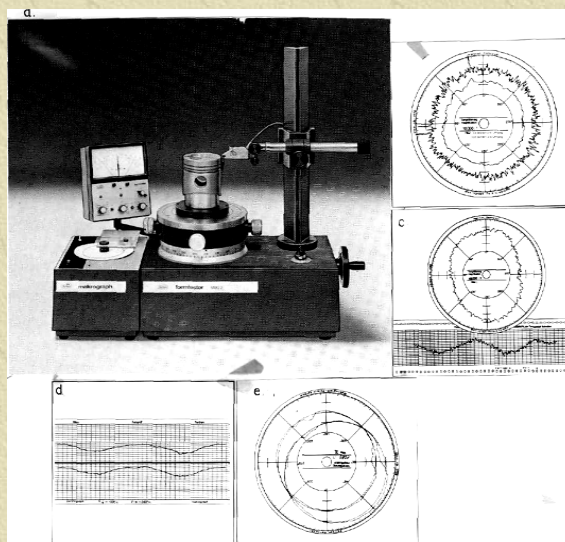
## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

*Kontrola oblika mehaničko-elektronskim uređajima* omogućuje kontrolu kružnog oblika, ali i komplikovanih profila (klipova, lopatica turbina i drugo) . Savremeni uređaji za merenje i kontrolu oblika najčešće poseduju analogne ili digitalne pokazivače mera ili odstupanja, i imaju mogućnost elektronskog centriranja, memoriju za odstupanja i računar za određivanje referentnog oblika (najčešće kruga).



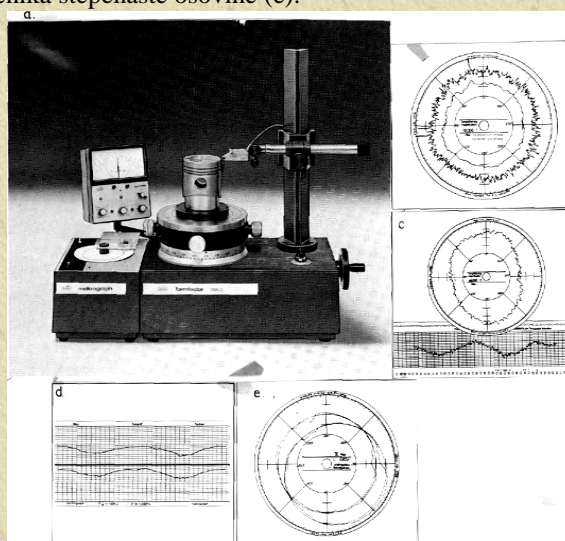
## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Jedan od mnogobrojnih razvijenih tipova proizvođača Mahr-Perthen prikazan je na slici.



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

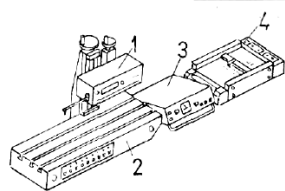
Na slici b,c,d,e vide se dijagrami u polarnim i linijskim koordinatama kod ispitivanja: spoljnih prečnika (b) , unutarnjeg prečnika (c), paralelnosti kanala (d) i prečnika stepenaste osovine (e).



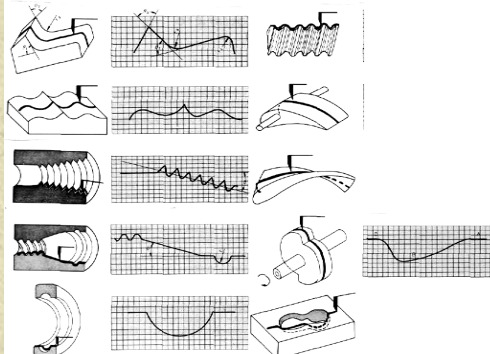
## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Mitutoyo je proizveo uređaj Contracer (slika a) sa tačnošću 0,01 mm u X i Y pravcu. Sadrži mernu glavu (1), postolje (2), analogni pokazivač (3) i писаč (4). Mogućnosti kontrole prikazane su na sl. b.

a.



b.



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

### 10.5. KONTROLA MEĐUSOBNOG POLOŽAJA POVRŠINA

Greške međusobnog položaja mernih površina mogu biti odstupanja od: paralelnosti površina i osa otvora, upravnosti, saosnosti, simetričnosti, ukrštenost dveju upravnih osa (slika).

Kontrola paralelnosti, ravnih ili stepenastih površina vrši se sat-komparatorom. Ravne površine se mogu proveravati i autokolimacionim durbinom uz pomoć prizme (sl. a,b,c,d).

Upravnost se kontroliše postavljanjem radnog predmeta na mernu ploču, pomoću komparatora sa stalkom, po kome se može kretati (e) ili stavljanjem cilindričnog radnog predmeta u prizmu, čije čeonno bacanje treba da izmerimo (f).

Saosnost osovine kontroliše se sa dva sat-komparatora, koja se naslanjaju na krajeve osovine, postavljene u prizme (g). Otvori se kontrolišu uz pomoć dva tačno izradjena trna. Na jedan se pričvrsti merni sat, čiji pipak dodiruje drugi trn, a zatim okrene. Sat-komparator pokazuje veličinu nesaosnosti (h).



## 10. KONTROLA MIKRO I MAKROGEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA POVRŠINA

Nesimetričnost se meri na taj način što se predmet preko trna postavi u šiljke. Mernim satom se proverava simetričnost, kontrolisanim prvo jedne, pa druge strane. Nesimetričnost se određuje kao polurazlika rastojanja A i B pri okretanju predmeta za  $180^\circ$ .

Presecanje dveju osa koje treba da se ukrštaju, proverava se pomoću trna i satkomparatora. Trn se postavlja prvo u jedan pravac (položaj I), i izmeri visina. Zatim se postavlja u drugi pravac (položaj II) i ponovi merenje u tački preseka osa (j).

