

5. OPTIČKI MERNI UREĐAJI

Za tačna merenja dužina i oblika u mernoj laboratoriji služe optički merni uređaji, sa dodatkom elektronskih mernih jedinica. To su Abbe-ovi uređaji i mašine za merenje i profilprojektorji.

Prvi tip uređaja koristi veoma precizan lenjir sa crticama. Mogu, sa dodatim priborima da vrše merenja: spoljnih prečnika, otvora, navoja (preko dve i tri žice), itd., dok drugi tip služi za kontrolu komplikovanih profila.

5. OPTIČKI MERNI UREĐAJI

5.1. ABBE-OV UREĐAJ ZA MERENJE DUŽINA

Prof. Ernst Abbe je 16. septembra 1890. godine na zboru nemačkih istraživača i lekara prvi put postavio osnovno načelo za gradnju mernih instrumenata, tzv. Abbe-ov princip: merni predmet se mora nalaziti u produžetku merne skale.

Iste godine konstruisan je kod firme Zeiss precizan uređaj za merenje spoljnih mera, koji je prihvaćen vrlo brzo i postao sastavni deo opreme mnogih mernih laboratorija, preciznih kontrola i alatnica. Uređaj je izveden prvo kao vertikalni, a kasnije i kao horizontalni.

Abbe-ovi uređaji se izradjuju sa milimetarskim i colovskim skalama. Omogućeno je neposredno merenje, a mernu veličinu pratimo pomoću optičkog sistema. Služi za merenje predmeta sa cilindričnim i ravnim mernim površinama, zatim, kugli i navoja, preko dve i tri žice.

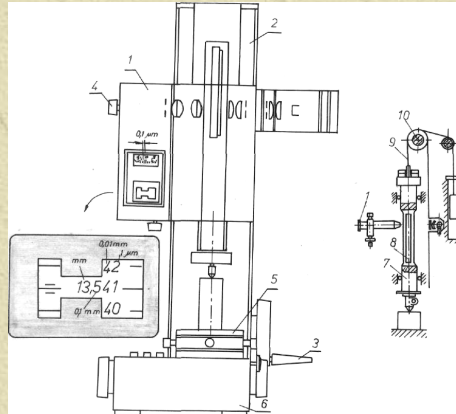
5.1. ABBE-OV UREĐAJ ZA MERENJE DUŽINA

Merenje se vrši na taj način što se merni predmet postavi na izmenljivi sto (5), postavljen u masivno postolje(6) (sl.5. 1 a). Na predmet se spusti , tada, merno vreteno (7) u koje je ugradjen stakleni lenjir dužine 100 mm koji je podeljen na delove od 0,1 mm (8). Mera se očitava pomoću optičkog uređaja. Merno vreteno leži na dva mestana po tri ležaja, tako da se kreće, u vertikalnom pravcu, gotovo bez trenja, dok je sa drugog kraja uravnoteženo protutegom.

Protuteg je obešen o čeličnu traku (9), a traka prebačena preko kotura (10). Nula na analognoj skali za očitavanje 0.1 μm vrši se pomoću vijka (4).

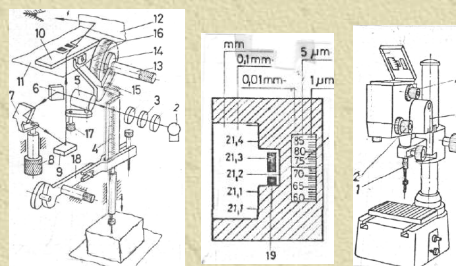
Merni pritisak se podešava dodavanjem tegova na gornji deo vretena i iznosi do 3 N.

Optički sistem se može premeštati u vertikalnom pravcu radi podešavanja uređaja na nulu preko ručice 3.



5.1. ABBE-OV UREĐAJ ZA MERENJE DUŽINA

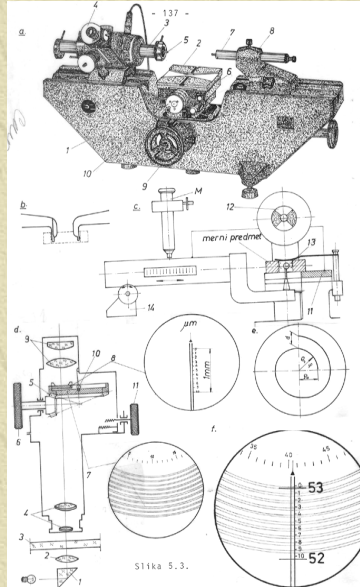
Oblast merenja, koju omogućava uređaj iznosi 100 mm, ali je dužina koja se može meriti i koju omogućava konstrukcija uređaja veća. Na slici prikazan je presek i izgled vertikalnog Abbe-ovog uređaja Micropem 225 (Premisura). Merno vreteno (1), u čijem se nastavku nalazi precizno izradjen stakleni merni lenjir (4) sa celim milimetrima, spušta se do mernog predmeta. Od sijalice (2) snop svetla prolazi kroz sistem sočiva i kondenzora (3), lenjir (4) objektiv (5) i sa ogledala (6) i (7) odbija se i projektuje na mutno staklo (10). Radi udobnijeg čitanja, skala se projektuje na ekran (12). Dugmetom (8) podešavamo nulu. Na osovini (13) postavljen je disk (14) i doboš sa podelom (16) koji omogućuju dovodjenje u položaj i očitavanje vrednosti manjih od milimetra. Podela se postavlja ekscentrom (17), a merni pritisak se ostvaruje preko poluge (18).



5.1. ABBE-OV UREĐAJ ZA MERENJE DUŽINA

Horizontalni Abbe-ov uređaj predstavlja varijantu vertikalnog. Poboljšanja, koja su sprovedena, svode se na proširenje mogućnosti merenja, jer se pored spoljnih prečnika, mogu vršiti i merenja otvora i unutrašnjih navoja. Oblast merenja iznosi 100 mm, ali se može povećati dodavanjem etalona. Služi za merenje spoljnih mera do 450 mm dužine, a unutrašnjih od (20-200) mm. Izgled ovakvog uređaja firme C. Zeiss pri kazan je na slici.

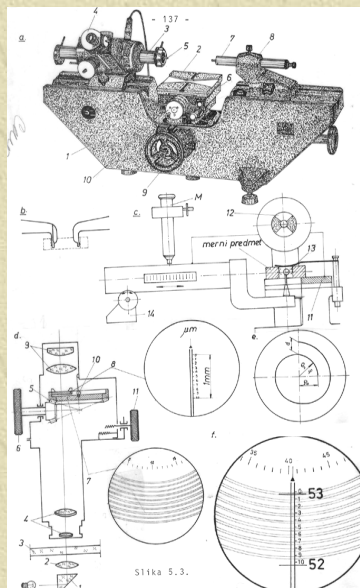
Na postolju (1) nalazi se nosač merne pinole (3) i optičkog sistema (4). Merna pinola je na svom središnjem delu prosečena i umetnut je stakleni lenjir, dužine 100 mm, sa podelom u milimetrima. Na kraju merne pinole pričvršćen je merni pipak (5), dok se drugi postavlja na vreteno (7), stegnuto u držaču (8). Točak (9) služi za podizanje i spuštanje mernog stola (2).



5.1. ABBE-OV UREĐAJ ZA MERENJE DUŽINA

Mikrometarski vijak (10) se koristi za centriranje radnog predmeta, koji se steže na sto pomoću držača, čiji vijci ulaze u T-žljebove stola. Sto je dvodelan s tim da je gornji deo (2) slobodno pokretljiv u odnosu na donji deo (6) u pravcu uzdužne ose mašine, kako bi oba pipka mogla da dodju u kontakt sa radnim predmetom.

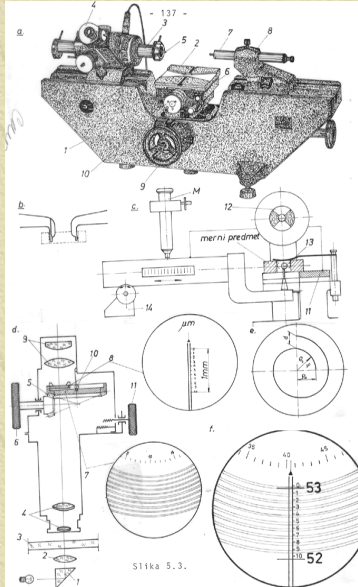
Optički sistem prikazan je na slici, zrak svetla prolazi kroz prizmu (1), zatim sabirno sočivo (2) i stakleni lenjir sa celim milimetrima (3), pa kroz objektiv (4) (čije je uvećanje 5^x) i staklenu ploču sa ucrtanom spiralom (7), obrtnu oko kuglice (10), kroz nepokretnu ploču sa ucrtanom skalom sa desetim delovima milimetra (8) i najzad kroz sočiva okulara (9), (čije je uvećanje $12,8^x$).



5.1. ABBE-OV UREĐAJ ZA MERENJE DUŽINA

Podešavanje mere za očitavanje vrši se obrtanjem dugmeta (6), čime se vrši obrtanje ploče sa spiralom pomoću para konusnih zupčanika i njeno dovodjenje u položaj da granu spirale tangira linija, koja označava celi milimetar. Vijak (11) služi za postavljanje uređaja na nulu.

U vidnom polju okulara vidi se skala lenjira sa celim milimetrima u vidu brojeva, zatim skala sa 10 podeoka veličine 0,1 mm, nepomična, postavljena duž središnje linije sa podelom od 0 do 10, obrtni spiralni nonijus sa podelom od 0 do 100, gde svaki podeok ima vrednost 0,001 mm. Spiralni nonijus ima ucrtanu dvostruku Arhimedovu spiralu. Rastojanje linija spirale iznosi 0,012 mm. Služi za povećavanje tačnosti postavljanja crte osnovne skale, koja treba da tangira spiralu, jer je tačnost veća ako se nalazi između dve bliske linije.



5.1. ABBE-OV UREĐAJ ZA MERENJE DUŽINA

Na slici nalaze se podešeni položaj skale za očitavanje. Podešavanje se postiže tako, što se okreće staklena ploča sa ucrtanom spiralom sve dok se linija crte (kota) ne nadje tačno na sredini između dve bliske linije spirale. Tada ćemo očitati vrednosti: $53 + 0,0 + 40 = 50.040$ (5). Tačnost očitavanja iznosi 0,001 mm, a desetihiljaditi delovi milimetra se mogu oceniti i stavljaju se u zagradu.

Arhimedova spirala ima jednačinu oblika:

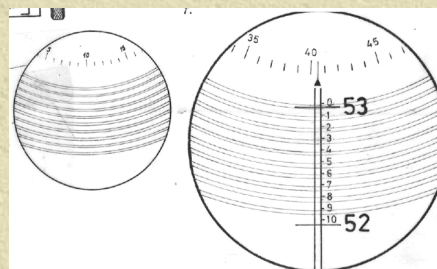
$$\rho = \rho_0 + a \frac{\phi}{N}$$

gde je:

ρ_0 - početni prečnik

N - broj podeoka na koji je podeljena kružna linija nonijusa (100)

Φ - ugao spirale



5.1. ABBE-OV UREĐAJ ZA MERENJE DUŽINA

Porast potega $\Delta\rho$ možemo izraziti sa:

$$\Delta\rho = a \frac{\Delta\phi}{N}$$

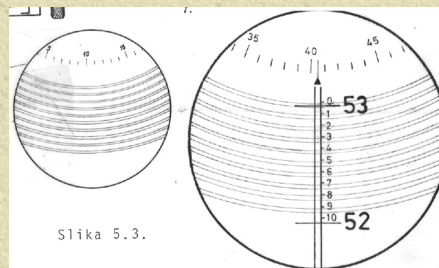
Ako je, znači, obrtanje izvršeno za jedan podeok ($\Delta\Phi = 1$) imaćemo da je porast potega, odnosno veličina očitavanja vrednosti nonijusa za jedan podeok (obeležavamo ga sa c)

$$c = \frac{a}{N} = \frac{0,1}{100} = 0,001$$

Greška merenja Abbe-ovog uređaja iznosi $\pm(1,5 + L/100)$ μm , gde je: L - dužina mernog predmeta u mm.

Kontrola ovakvih uređaja vrši se pomoću graničnih merki, kontrolom u pet tačaka: 10 30 50 70 i 100 mm.

Sila mernog pritiska se omogućuje dejstvom tega – 2N.



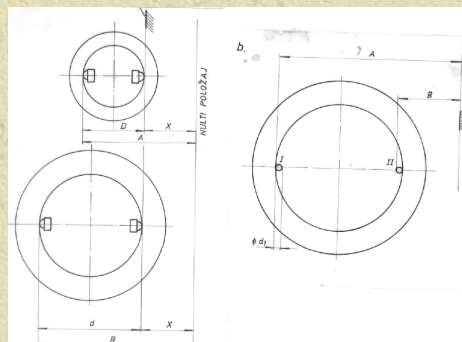
5.1. ABBE-OV UREĐAJ ZA MERENJE DUŽINA

Merenje se vrši korišćenjem tačno izradjenog etalon prstena, čiji je prečnik poznat (obeležićemo ga sa $\varnothing D$). Merenje otvora će se vršiti, tada, pomoću para pipaka (slika). Na sto se postavlja prvo etalon. Pipci se dovode u položaj za merenje i očitava se položaj "lenjira (mera A) posmatrajući kroz mikroskop vidno polje okulara. Posle skidanja prstena sa stola, postavlja se radni predmet, ponovo očitava položaj levog mernog pipka (mera B) i nalazi merena veličina koja je ravna:

$$d = B - X = B - (A - D)$$

gde je:

X - udaljenost nepokretnog pipka od nulte tačke.



5.1. ABBE-OV UREĐAJ ZA MERENJE DUŽINA

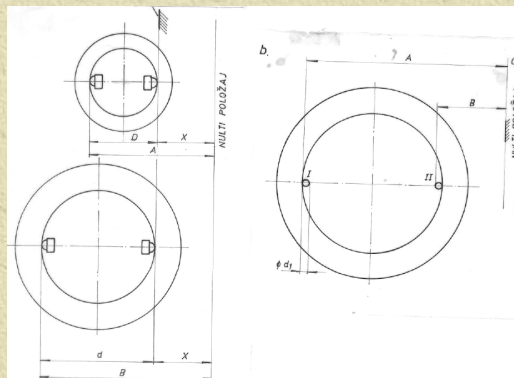
Beskontaktno merenje vrši se dodavanjem električno izolovanog stola (11) i magičnog oka (12), a na mernu pinolu se pričvršćuje pipak (13). Pipak se postavi prvo u položaj I i očita na mikroskopu (M) veličina (A), zatim se pomeri u položaj II i očita mera B. Izmerena veličina iznosi tada:

$$d = A - B + d_1$$

gde je:

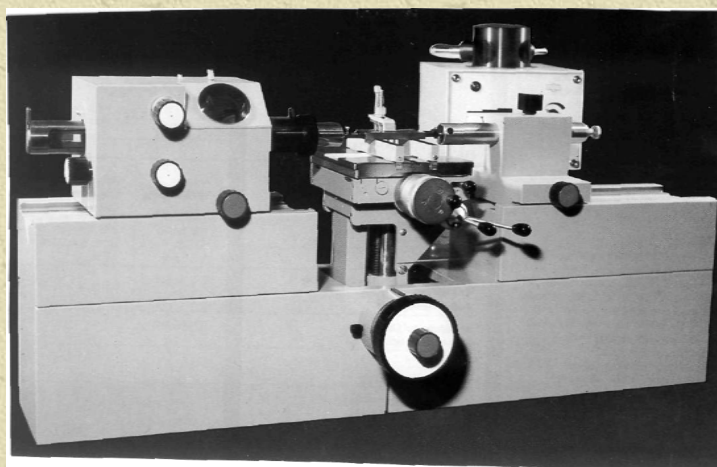
d_1 - prečnik kuglice na mernom pipku.

Magično oko nam služi da bismo ustanovili da li je pipak u dodiru sa radnim predmetom prilikom centriranja i merenja. Naime, pošto je merni pritisak ravan nuli, bez magičnog oka ne bismo mogli oceniti da li je pipak u kontaktu sa predmetom ili nije. Ovom metodom se mogu meriti veličine otvora do 50mm.



5.1. ABBE-OV UREĐAJ ZA MERENJE DUŽINA

Novi tip ULM 02-600 (C.Zeiss) ima elektronsku mernu jedinicu i mogućnost očitavanja od 0,2 μm . Spoljne prečnike meri do 600 mm, unutrašnje do 400 mm, a beskontaktnom metodom merenja ostvaruje oblast merenja (1 - 60) mm,



5.2. MIKROSKOP

Alatni mikroskop i univerzaini merni mikroskop su osnovni uređaji za precizno merenje i kontrolu navoja. Na njima je omogućeno merenje spoljašnjeg, srednjeg i unutrašnjeg prečnika navoja, koraka, ugla, profila, kao i kontrola radijusa. Na mikroskopu se mere svi precizni navoji, kao što su navoji na tolerancijskim merilima, ureznicima, glodalima za izradu navoja, mikrometarskim vijcima i slično.

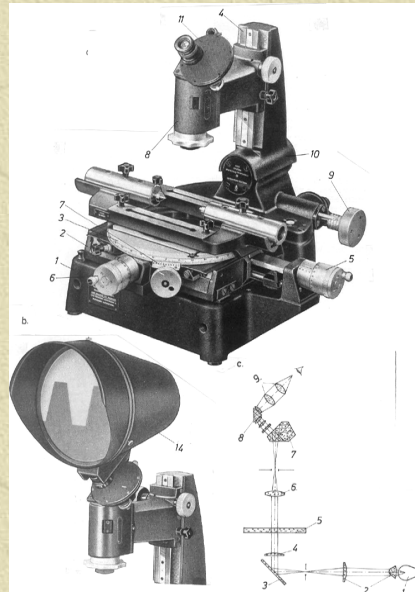
Osim navoja, na mikroskopima se može vršiti merenje svih dužinskih veličina u pravouglim i polarnim koordinatama, kao i merenje uglova.

5.2. MIKROSKOP

Alatni mikroskop sastoji se iz postolja (1), na koji je postavljen klizač (2) sa obrtnim stolom (3) i držač mikroskopa (4). Klizač se pomera u dve međusobno upravne ravni pomoću mikrometarskih vijaka (5) i (6). Dužina pomeranja iznosi 25 mm, ali se dužina merenja može povećati do 100 mm, dodavanjem etalona između kraja mikrometarskog vijka i klizača.

U obrtni sto je ugradjena staklena ploča. Sto se može okretati, pomoću ručice (7), za ugao od 360° . Ugao zaokreta stola podešava se prema nonijusu, čija je tačnost čitanja 3.

Mikroskop (8) se može pomerati vertikalno po držaču i zakretati pomoću točka (9) za ugao $\pm 12,5^\circ$, kako bi se mikroskop mogao postaviti pod ugao nagiba zavojnice. Zakretanje omogućuje polukružno izveden završetak držača (10).



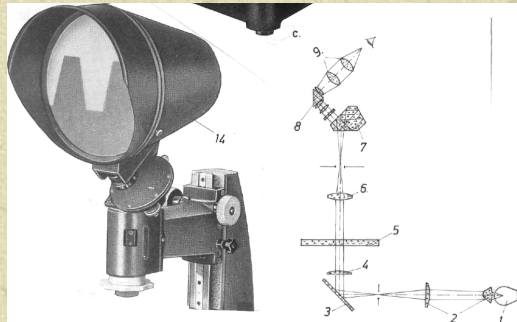
5.2. MIKROSKOP

Alatni mikroskop može da proširi primenu, dodavanjem specijalnog projekcionog uređaja (14) (slika). Tada on služi kao profilprojektor. Na mutno staklo se projektuje lik mernog predmeta sa uvećanjem.

Uvećanja lika mogu biti 10x, 30x i 50x.

Optička šema mikroskopa prikazana je na slici. Svetlosni zraci, koje daje sijalica (1), prolaze kroz sočiva (2), padaju na ogledalo (3), odbijaju se i idu kroz sočivo (4) i staklenu ploču stola (5), na kome se nalazi radni predmet.

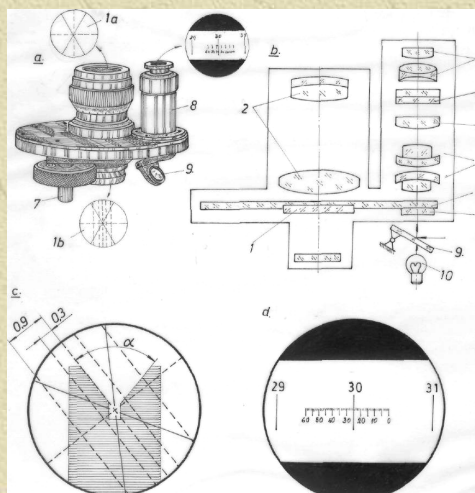
Senka predmeta projektuje se dalje pomoću optičkog sistema, sastavljenog od sočiva (6), prizme (7) i (8), sočiva okulara (9) na ekran (14), za slučaj da je postavljen projekcioni uređaj, ili u oko posmatrača.



5.2. MIKROSKOP

Ugaona glava okulara (slika) predstavlja standardnu opremu mikroskopa. Zraci svetlosti, koji prolaze kroz optički sistem mikroskopa padaju u ravan staklene ploče sa končanicom (1) (slika b).

Zasenčenje konture radnog predmeta prolazi kroz sočiva okulara i dolazi u oko posmatrača, koji tada postavi liniju končanice na jednu ivicu profila (slika c), a zatim na drugu ivicu. Okretanje ploče sa končanicom vrši se preko dugmeta (7) i para zupčanika, koji su u vezi sa pločom, a na pomoćnom, bočnom mikroskopu (8) može se očitati veličina zakretanja.

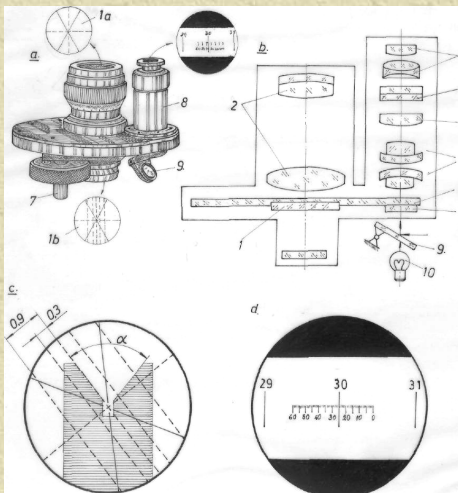


5.2. MIKROSKOP

Skala sa stepenima i minutima prikazana je na slici d. Tačnost je 1'. Svetlost se dobija ili od sijalice (10) ili od izvora svetlosti sa strane, a obrtno ogledalo (9) omogućuje usmeravanje zrakova.

Ovi zraci prolaze kroz filter svetlosti (3), osvetljavaju obrtnu skalu sa stepenima (2) i preko sočiva objektivna (4) daju sliku u ravni nepomične, minutne skale (6). Očitavanje se vrši preko sočiva okulara (11).

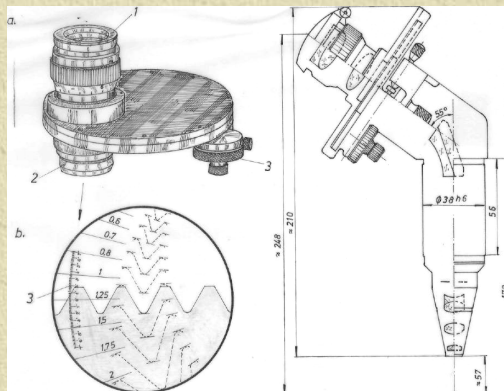
Ploča (1) može biti izradjena sa prostom končanicom (1a) ili dopunjena sa linijama, dvema crtkastima upravnim i četiri crtkane paralelne, na udaljenju od 0,3 i 0,9 mm od središnje crte. Pune linije končanice ucrtane su pod uglom od 60° . Dopunske, ucrtane končanice koriste se kod merenja navoja pomoću nožića.



5.2. MIKROSKOP

Revolverna glava okulara koristi se kod kontrole složenih profila, upoređujući senku mernog predmeta sa profilima ucrtanim na mernu ploču glave (slika), okretanjem nareckanog dugmeta (3), tako da se odgovarajući profil pojavljuje u vidnom polju. Prikazana je ploča sa ucrtanim profilima metričkog navoja. Postavljanjem senke predmeta tačno u odgovarajući profil, dobićemo da se linija 1; 1,25; 1,5 itd. nalazi na srednjem prečniku navoja.

Pri poklapanju takvog profila sa nultim položajem nepomične skale (3), odgovarajući profil imaće tačan položaj u odnosu na proveravani navoj. Odstupanje profila na ploči od tačnog položaja, pri poklapanju njegovog sa senkom profila predmeta, može se očitati na skali (3).

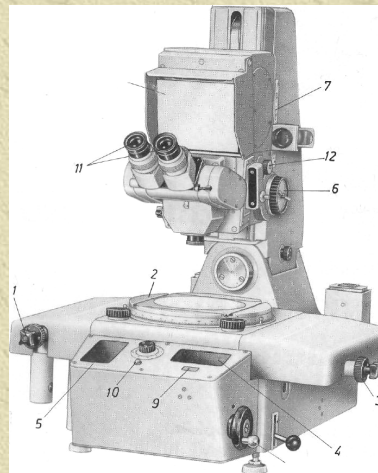


5.2. MIKROSKOP

Noviji tip Zeiss-ovog alatnog mikroskopa, prikazan je na sl. 5.9. Kod ove konstrukcije uređaja imamo umesto pomeranja stola pomoću mikrometarskih vijaka, ubrzano pomicanje stola za veličinu 150 mm u uzdužnom i 75 mm u poprečnom pravcu i fino podešavanje pomoću ručice (1) i (3), dok je očitavanje mere omogućeno na tamnoj osnovi ekrana (4) i (5). Ovo ubrzava tj. u mnogome olakšava rad kontrolora.

Okretanjem točka (6) omogućeno je vertikalno pomeranje mikroskopa, s tim da se pomoću skale sa nonijusom (7) može postaviti u željeni položaj sa tačnošću od 0,1mm.

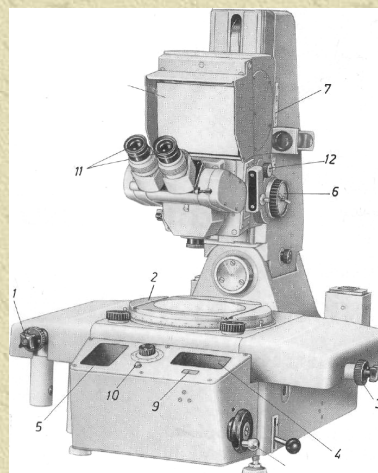
Obrtni okrugli sto (2) ima ugaoni nonijus, za postavljanje u tačan položaj. Točak (8) služi za zakretanje nosača mikroskopa za $\pm 15^\circ$, a ugao se može očitati na staklenoj ploči (9).



5.2. MIKROSKOP

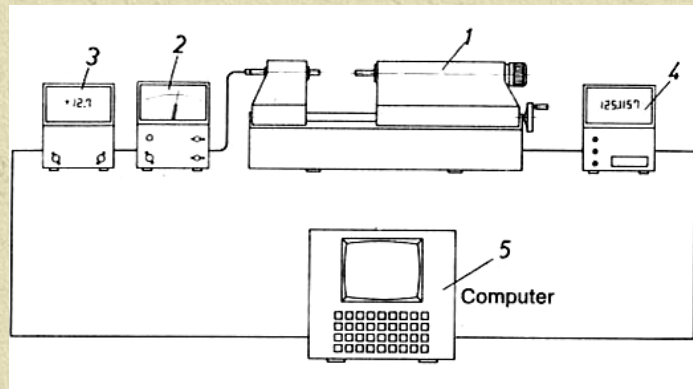
Za slučaj da je mikroskop postavljen tačno u vertikalni položaj, pali se lampa (10). Rad na uređaju olakšan je i zbog toga, što se može posmatrati profil sa oba oka, jer je snabdeven biokularnim cevima (11).

Ručicom (12) možemo prebaciti posmatranje mernog profila sa mikroskopa na ekran (13). U slučaju da želimo dobiti snimak profila, ekran se može zameniti fotokasetom.



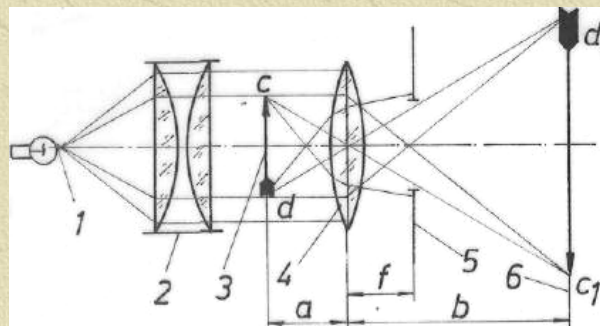
5.3. MAŠINA ZA MERENJE DUŽINA

Univerzalna mašina za merenje dužina firme C.Mahr (1) prikazana je na slici. Omogućava merenje spoljnih i unutarnjih prečnika, dužina i navoja sa tačnošću $0,1\mu\text{m}$. Snabdevena je analognom (2) i digitalnom pokaznom jedinicom (3), (4) i kompjuterom (5). Može da meri odstupanja od nominalne mere, kao i apsolutnu meru. Omogućuje merenje tolerancijskih i drugih merila, alata i slično u mernim laboratorijama, ali se mogu koristiti i u radionici.



5.4. PROFIL PROJEKTOR

Kada merni predmet ima složenu konturu, kontrola se vrši tako, što se lik profila uveća i projektuje na pogodan ekran ili mlečno staklo, pa se ovako uvećan lik kontroliše. Ova metoda je pogodna za kontrolu alata, profilnih šablona, preciznih navoja, zupčanika i slično. Principijelna šema projektora prikazana je na slici.



Svetlosni zraci polaze od izvora (1), prolaze kroz sočivo kondenzora (2) i izlaze kao paralelni, a zatim nailaze na radni predmet (3) koji zadržava deo zraka, dok nezaklonjeni deo prolazi van kontura predmeta, prelama se kroz sočivo objektivna (4) i daje na ekranu (6) uvećanuu, obrnutu, senku mernog predmeta.

5.4. PROFIL PROJEKTOR

Pritom je potrebno da lik bude uravnjen i da postoji telecentričan put svetlosnih zraka, pa je postavljena dijafragma sa otvorom (5) u žižnoj ravni sočiva objektivna, kako bi se izbegle greške fokusiranja. Uvećanje profilprojektoru se može odrediti odnosom:

$$V = \frac{C_1 d_1}{cd} \approx \frac{b}{a}$$

Uvećanje projektoru je obično 10x, 20x, 50x, a može biti i 100x.

Mnogobrojni su proizvođači profiiprojektoru: C.Zeiss (SR Nemačka), Mitutoyo (Japan), Jones & Lamson (SAD), Werth, Hauser (SR Nemačka), Microtecnica (Italija) i druge.

5.4. PROFIL PROJEKTOR

Na slici prikazan je profiiprojektor Mitutoyo PV-600, sa površinom projektovanja zraka Ø600 i mogućnošću pomeranja stola u pravcima $x = 100$ mm i $y = 50$ mm. Na slici je takođe data i optička šema.

Od izvora svetla (1) zraci dalje prolaze kroz kondenzator (2) i toploizolaciono staklo, a zatim se odbijaju od ogledala (3) pa kroz otvor dijafragme i sočiva objektivna (2) dolaze do mernog predmeta postavljenog na stakleni sto (4), tako da samo snop zraka van konture predmeta ide dalje kroz sočivo (5) i dijafragmu. Zraci tada padaju na ogledalo (6) i ekran (7). Na ekranu se vide senke profila i končanice, koje su ucrtane na izmenljivim staklenim pločama, mnogu biti sa krugovima, radijusima i slično. Merenje odstupanja profila, posredstvom končanice, vrši se pomeranjem mernog predmeta, odnosno stola pomoću ručica (8) i očitavanjem mere x i y na digitalnom očitavaču (9).

