





## BUDUJEMY MIKROMETR

Częstokroć majsterkowicze stykają się z koniecznością dokonania dokładnego pomiaru wykonywanego przez nich, lub już gotowego elementu. Precyzja pomiaru zwykłym przymiarem kreskowym (czyli popularną linijką) bywa czasem niewystarczająca, a i w przypadkach kiedy większa dokładność nie jest potrzebna, mierzenie pewnych parametrów napotyka niemałe trudności. Tak jest np. ze średnicami zewnętrznymi czy wewnętrznymi rur, tulejek, prętów itp., podczas mierzenia których nie wiemy czy przyłożona linijka (jej brzeg) faktycznie pokrywa się ze średnicą badanego elementu czy tylko z którąś z jego cięciw. Wymienionych wyżej wad nie mają specjalne przyrządy miernicze – suwmiarki i mikrometry.

Są oczywiście sytuacje, w których raczej niewskazane byłoby użycie suwmiarki, a tym bardziej mikrometru, a ze wszechmiar wskazane posłużenie się zwykłą linijką: np. pomiar odległości dwóch otworów wywierconych w płaskiej blaszce, z których każdy sytuowany jest stosunkowo daleko od któregośkolwiek brzegu wspomnianej blaszki.

Ogólnie rzecz biorąc każdy z tych przyrządów jest potrzebny, a w praktyce wzajemnie się uzupełniają. Za pomocą suwmiarki możemy mierzyć interesujące nas wielkości z dokładnością do 0,1 mm. Umożliwia to noniusz, czyli mała skala o łącznej długości 9 mm podzielona na 10 równych części.

Posługiwanie się suwmiarką wyjaśnia rysunek 1 A, B, C. Na rys. 1 A szczytki suwmiarki znajdują się w położeniu zerowym. Takiej sytuacji odpowiada pokrywanie się dokładnie kreski „zerowych” (początkowych) skali milimetrowej i skali noniusza. Po umieszczeniu w szczękach suwmiarki mierzonego

detalu noniusz przesuwają się względem skali milimetrowej (lub odwrotnie, co zależy od konstrukcji przyrządu). Odczytu dokonuje się w ten sposób, że „zerowa” kreska skali noniusza wskazuje nam jedynie liczby całkowite milimetrów (jedności – 1,2,3,4, itd) na skali milimetrowej. Wartości dokładniejsze, czyli dziesiąte części milimetra odczytuje się wprost na noniuszu (rys. 1 B, C). Począwszy od kreski „zerowej” noniusza obserwując kolejne (!) kreski jego skali stwierdzimy, że któraś idealnie pokryła się z pewną kreską skali milimetrowej. Teraz wystarczy policzyć wszystkie kreski skali noniusza, aż do kreski pokrywającej się z kreską skali milimetrowej, aby otrzymać wartość dziesiątych części milimetra.

O wiele bardziej precyzyjnym przyrządem jest mikrometr. O ile suwmiarka umożliwia mierzenie z dokładnością do 0,1 mm, to najprostsze mikrometry zapewniają z reguły pomiar z dokładnością do 0,02 mm. Tak dużą dokładność (a w niektórych mikrometrach jeszcze większą) zapewnia zupełnie inne rozwiązanie urządzenia pomiarowego, oparte na kombinacji ruchu obrotowego i postępowego śruby i ściśle określonym skoku gwintu. Najczęściej stosuje się gwint o skoku 0,5 mm.

Wygląd typowego mikrometru oraz zasadę jego działania przedstawia rys. 2 A, B, C.

Moletowany bęben z podziałką 1 osadzony jest na tulei 2 posiadającej również podziałkę, ale naniesioną równoległe do dłuższej osi mikrometru. Podziałkę na bębnie otrzymuje się w wyniku podzielenia jego obwodu na 50 (najczęściej) lub więcej równych części. Jak już wcześniej wspomniano zwykle stosuje się śruby (stanowiące integralną całość

z moletowanym bębniem) o skoku 0,5 mm. Wynika z tego, iż jeden pełny obrót bębna powoduje jego przesunięcie wzdłużne o 0,5 mm. Owe wzdłużne przesunięcia odczytuje się na skali naniesionej na tulei 2. Skala owa ma interwały równe właśnie 0,5 mm. Tak więc połówki oraz całkowite wartości milimetrów odczytujemy z tej skali, natomiast dziesiątne i setne ze skali wygrawerowanej na bębnie.

Zasadę pomiaru ilustruje rys. 2 B i C. Na rysunku 2 B przedstawiono sytuację położenia „zerowego” mikrometru, czyli takiego, przy którym brzeg bębna z podziałką pokrywa się z kreską „zerową” skali milimetrowej na tulei 2.

Jak już nadmieniono bębniem ów stanowi ze śrubą mikrometru integralną całość. Przedłużeniem śruby z tulei jest odcinek nie gwintowany tzw. wrzeciono 3. W położeniu „zerowym” idealnie płaska powierzchnia czołowa wrzeciona styka się (na całej powierzchni) z powierzchnią czołową kowadełka – 5 umieszczonego po przeciwnej stronie kabłąka 4, 5.

Aby dokonać pomiaru wsuwamy między kowadełko i wrzeciono mierzony element odsunawszy uprzednio wrzeciono (z nadmiarem) poprzez pokręcanie bębna moletowanego. Teraz delikatnie obracając bęben w przeciwną stronę doprowadzamy do zetknięcia się wrzeciona z badanym elementem. Odczytu dokonujemy we wcześniej opisanym sposobie. I tu uwaga: każdy mikrometr ma wygrawerowaną wartość jednej działki skali bębna. Np. na rysunku 2 C możemy odczytać wartość 22,46 mm. 22 milimetry odczytaliśmy ze skali milimetrowej na tulei 2, a 0,46 milimetra z podziałki na bębnie.

Mikrometry zwykle zaopatrzone są jeszcze w specjalne sprzęgło 6, które zabezpiecza przed zbytnim dociskaniem wrzeciona do mierzonego elementu, a poza tym zapewnia stały jego docisk.

W praktyce wygląda to tak, że z początku wrzeciono przybliża się do mierzonego detalu pokręcając bębniem z podziałką, a gdy zbliży się już doń dostatecznie, pokręcamy sprzęgłem, które nadal przesuwając wrzeciono, ale w momencie zetknięcia się z owym elementem, mimo pokręcania sprzęgła, wrzeciono już się nie przesuwa. Pierścień 7 służy do unieruchamiania wrzeciona na „żądany wymiar”. Przydatny jest wówczas, gdy wy-

konane elementy sprawdzamy czy odpowiadają oczekiwanym wartościom.

Typowe mikrometry umożliwiają pomiary w zakresie 25 mm. Uwarunkowane jest to tym, iż trudno wykonać śrubę o większej liczbie zwojów zapewniającą dostateczną dokładność na całej długości. Dłuższa śruba czyniłaby mikrometr bardziej uniwersalnym, jednak wiązałoby się to z szybszym zużyciem przyrządu (przede wszystkim właśnie śruby) na skutek większej liczby pomiarów.

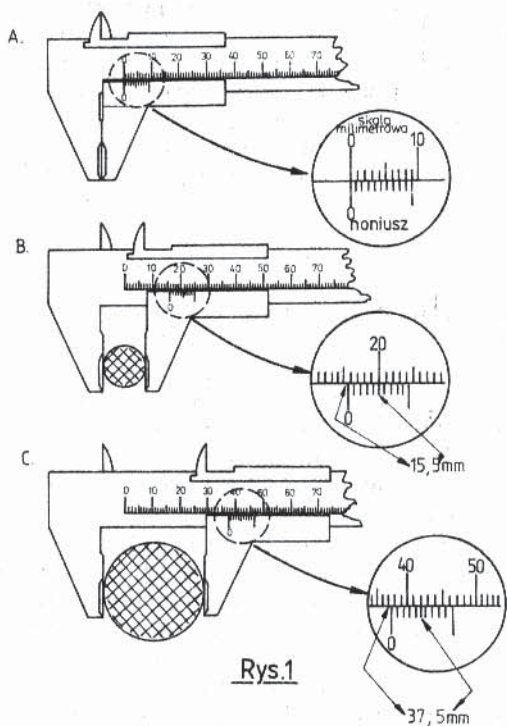
Z powyższych względów produkuje się mikrometry o różnych zakresach: najczęściej co 25 mm, np. 0 + 25 mm, 25 + 50 mm, 50 + 75 mm itd.

Podobnie jak w przypadku większości przyrządów pomiarowych także i pomiary za pomocą mikrometru obarczone są pewnymi błędami. Przyczyną owych niedokładności może być: nierównoległość płaszczyzn (powierzchni) czołowych wrzeciona i kowadełka, niewspółosiowość wyżej wymienionych elementów, sprężystość kabłąka, nierównomierność docisku, jego niepowtarzalność (mimo sprzęgła) oraz zużycie elementów.

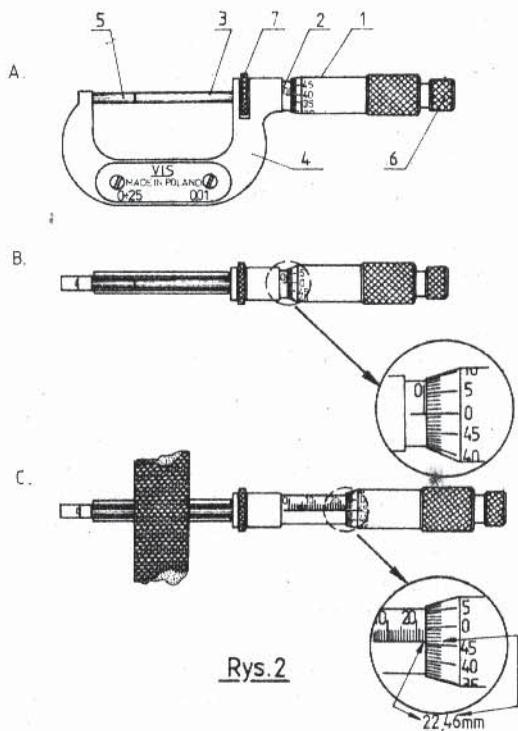
Mikrometry należą do instrumentów precyzyjnych, dlatego też ich cena jest również niebagatelna, nie mówiąc już o dostępności tego przyrządu w naszym handlu. Dlatego warto pokusić się o zbudowanie samodzielnego tego bardzo praktycznego przyrządu. Wystarczy nieco niewyszukanych materiałów i odrobina cierpliwości.

Materiały do budowy mikrometru to:

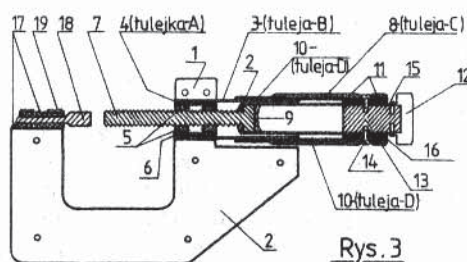
- 2 skuwki do wędek o średnicach wewnętrznych 11 mm,
- 1 skuwka do wędki o średnicy 13 mm (jej średnica zewnętrzna powinna mieć 14 mm);
- skuwka do wędki o średnicy wewnętrznej 14 mm;
- śruba o długości minimum 52 mm (część gwintowana) i skoku gwintu 1 mm, z łbem sześciokątnym. Przekątna łba śruby musi mieć długość 11 mm, a najlepiej minimalnie większą;
- 2 nakrętki sześciokątne do owej śruby o identycznych wymiarach (również identycznych z łbem samej śruby). Jeżeli posiadamy śrubę i nakrętki o nieco większych wymiarach, należy je precyzyjnie zeszlifować do wymaganych wymiarów



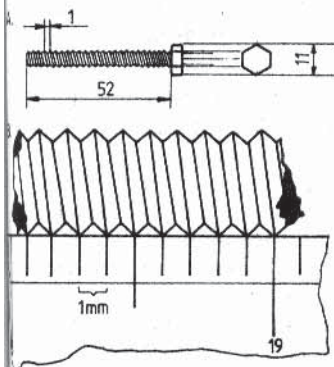
Rys.1



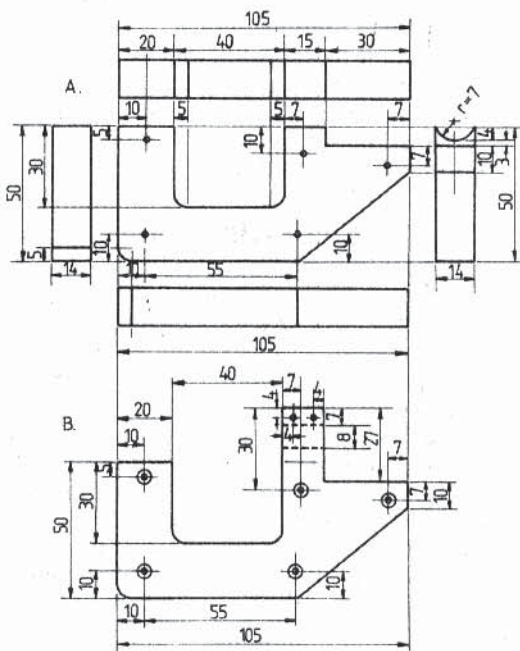
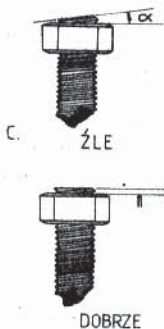
Rys.2



Rys.3



Rys.5



Rys.4

- (w przypadku śruby chodzi o przekątną jej łba);
- taśma izolacyjna z tworzywa sztucznego lub popularna taśma przezroczysta;
  - deska lub sklejka z twardego drewna grubości 14 mm (nie może być ani cieńsza, ani nieco grubsza);
  - blacha aluminiowa lub mosiężna grubości 1,5÷2 mm;
  - gwóźdź stalowy o średnicy 4÷5 mm,
  - Poloplast (plaster opatrunkowy na szpuli);
  - małe nity aluminiowe – 4 sztuki (lub kawałki gwóźdźków o długości około 4÷5 mm);
  - pokrętko moletowane o średnicy 16÷20 mm z osią lub gniazdem na oś;
  - wkręty do drewna – 14 sztuk. Dziesięć z nich musi być ponacinanych aż do łba, a 4 z krótką powierzchnią gładką ( $\varnothing$  około 2÷3 mm);
  - 2 wkręty M3×10 mm z nakrętkami;
  - 4 wkręty do drewna  $\varnothing$  2 mm i długości 4 mm;
  - klej Distal lub inny o podobnej jakości;
  - szkło wodne – można nabyć w sklepach z artykułami chemicznymi i gospodarstwa domowego. W razie jego braku można użyć olejku cedrowego (olejek impresyjny używany w mikroskopii optycznej – można o niego postarać się w jakimkolwiek laboratorium wyposażonym w mikroskopy) lub pokostu lnianego;
  - grafit (zwykły ołówkowy).

### Wykonanie mikrometru

Proponowany do samodzielnego zbudowania mikrometr (patrz fotografia) ma w zasadzie wszystkie elementy charakterystyczne dla przyrządu fabrycznego z wyjątkiem sprzęgła oraz blokady na daną wartość. Wygląd zewnętrzny oraz przekrój mikrometru przedstawia rysunek schematyczny (rys. 3). Na tym rysunku poszczególne detale mikrometru oznaczone są kolejnymi cyframi. I tak: 1 – okładka wzmacniająca kabłąka (widoczny jest tylko jej górny fragment); 2 – kabłąk; 3 – tuleja ze skalą milimetrową; 4 – tulejka osadza nakrętek; 5 – nakrętka; 6 – uszczelnienie (ustalające położenie tulejki 4 względem tulei 3); 7 – śruba mikrometru; 8 – tuleja osadza śruby mikrometru; 9 – klejowe wzmocnienie osadzenia śruby mikrometru

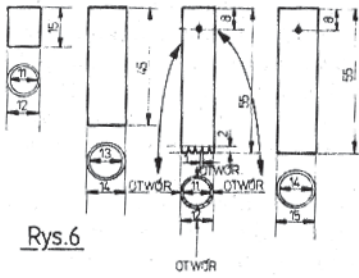
w tulei osadczej; 10 – tuleja zewnętrzna; 11 – pierścienie pogrubiające; 12 – pokrętko moletowane; 13 – trzpień mocujący pokrętko moletowane; 14 – wkręty mocujące tuleję zewnętrzną z tuleją osadczą śruby mikrometru oraz trzpień pokrętko moletowanego; 15 – nity mocujące pokrętko moletowane do trzpienia; 16 – uszczelnienie (ustalające położenie tulei osadczej śruby mikrometru w tulei zewnętrznej); 17 – zaciski kowadełka; 18 – kowadełko; 19 – wkręty dociskowe.

Budowę mikrometru rozpoczniemy od wykonania kabłąka – rys. 4 A. Należy go wyciąć, najlepiej piłką włosową, z deski (lub sklejki) grubości 14 mm. Jeżeli posiadamy deseczkę nieco grubszą trzeba koniecznie ją zeszlifować dożądanego wymiaru. Cieńsza deseczka nie wchodzi w rachubę ze względów konstrukcyjnych. Oznaczone otwory należy wywiercić do połowy grubości kabłąka pod wkręty 7 × 2÷3 mm.

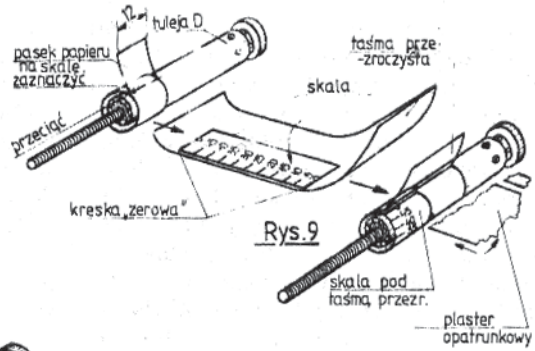
Rysunek 4 B przedstawia okładkę wzmacniającą kabłąka, którą należy wykonać z 1,5÷2 – milimetrowej blachy aluminiowej lub mosiężnej. Mimo iż blacha aluminiowa o tej grubości daje się ciąć większymi nożycami, lepiej będzie, jeżeli użyjemy piłki do cięcia metalu o drobnych zębach. Zapobiegnie to wygięciu blachy, które nastąpiłoby podczas jej przecinania nożycami. Okładkę wzmacniającą kabłąka wykonamy w dwóch identycznych egzemplarzach jako prawą i lewą. Po ich dokładnym wycięciu i wygładzeniu brzegów, wszystkie zewnętrzne krawędzie należy szfzować, tj. zeszlifować pod kątem. Okładki mają za zadanie wzmocnienie konstrukcji kabłąka oraz stanowią obejmę tulei z podziałką milimetrową. W gotowych okładkach wiercimy po 5 otworów  $\varnothing$  3 mm na wkręty mocujące do kabłąka. Dodatkowo każdy otwór należy z wierzchu nieco rozwiąć, aby powstały gniazda na łby wkrętów.

Najbardziej pracochłonne oraz wymagające możliwie dużej dokładności będzie wykonanie ruchomego układu pomiarowego, na który składają się: śruba, cztery tuleje (z czego dwie zaopatrzone są w podziałki), pokrętka moletowana z trzpieniem i pierścienie pogrubiające oraz dwie nakrętki współdziałające ze śrubą mikrometru.

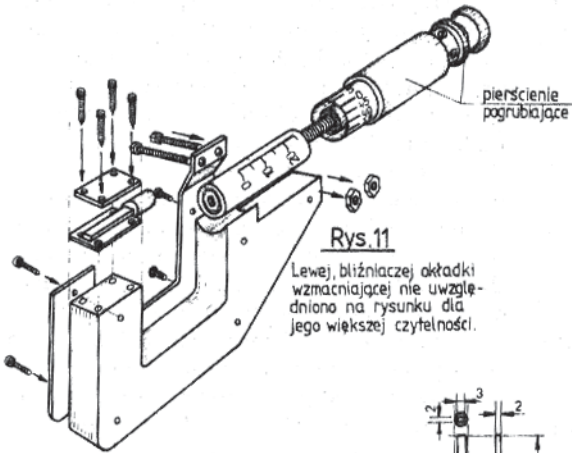
Budowę powyższego układu zaczniemy od wykonania śruby, rys. 5 A, B i C. Na śrubę pomiarową przeznaczamy stalową śrubę



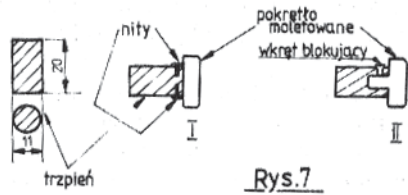
Rys.6



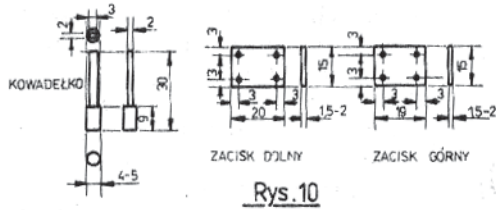
Rys.9



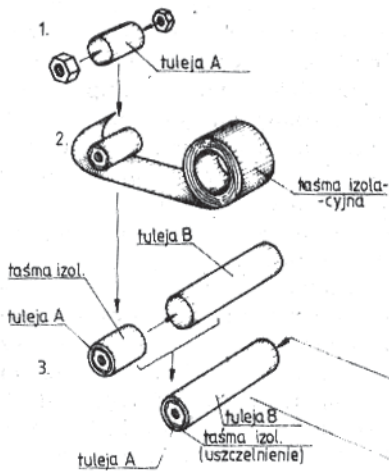
Rys.11



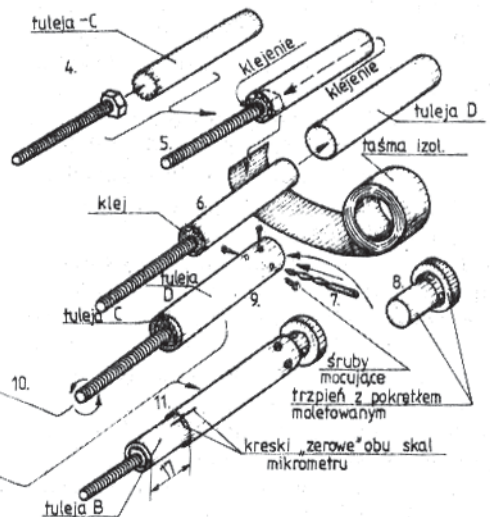
Rys.7



Rys.10



Rys.8 (Kolejne cyfry wskazują, kolejne czynności.)



o długości części gwintowanej (czyli bez łba) nie mniejszej niż 52 mm i skoku 1 mm. Śruba musi mieć gwint na całej swojej długości. Wygląd i wymiary przedstawia rys. 5 A. Śruba musi mieć łeb sześciokątny o wymiarach zgodnych z podanymi na rysunku. Jeżeli nie znamy skoku gwintu posiadanej śruby, a chcemy sprawdzić czy równy jest on 1 mm, przykładamy dobrą linijkę do śruby tak, aby któraś dowolnie wybrana przez nas kreska podziałki milimetrowej linijki pokryła się dokładnie z wierzchołkiem któregoś z grzbietów gwintu. Teraz należy sprawdzić czy kolejne wierzchołki pokrywają się na dłuższym odcinku dokładnie z kreskami na linijce oznaczającymi kolejne milimetry. Jeżeli tak jest w istocie, to możemy mieć pewność, iż skok danej śruby wynosi 1 mm (rys. 5 B).

Wolny koniec śruby należy teraz zeszlifować pilnikiem najdokładniej jak to możliwe, prostopadle do długiej osi śruby. Najlepiej jest to robić przy lampce tak, aby w szlifowanej powierzchni widać było lekki odblask. Takie ustawienie śruby pozwoli na określenie, czy owa powierzchnia jest dokładnie płaska, czy zaokrąglona. W wypadku kiedy szlifowany koniec śruby wykaże jednakowy odblask (bez partii ciemniejszych i jaśniejszych) na całej powierzchni możemy uznać go za płaski.

To jednak nie jest jeszcze spełnienie warunku jego prostopadłości względem długiej osi śruby. Aby to sprawdzić należy na śrubę nakręcić nakrętkę tak, aby wystawał tylko jej koniuszek. Patrząc równolegle do płaszczyzny nakrętki (prostopadle do długości osi śruby) pod światło i obracając powoli śrubę wraz z nakrętką, możemy stosunkowo łatwo stwierdzić klinowatość końca śruby lub jego brak, co w ostatnim wypadku świadczy o prostopadłości zeszlifowanego końca śruby do jej długiej osi (rys. 5 C).

Kolejnymi częściami, które wykonamy będą cztery tuleje – rys. 6. Zrobimy je ze skuwek do wędek (tuleje oznaczone literami A, B, C i D). Tuleja C ma jeden koniec ząbkowany. Ząbki te wypilowujemy rombowym lub trójkątnym pilnikiem – iglakiem.

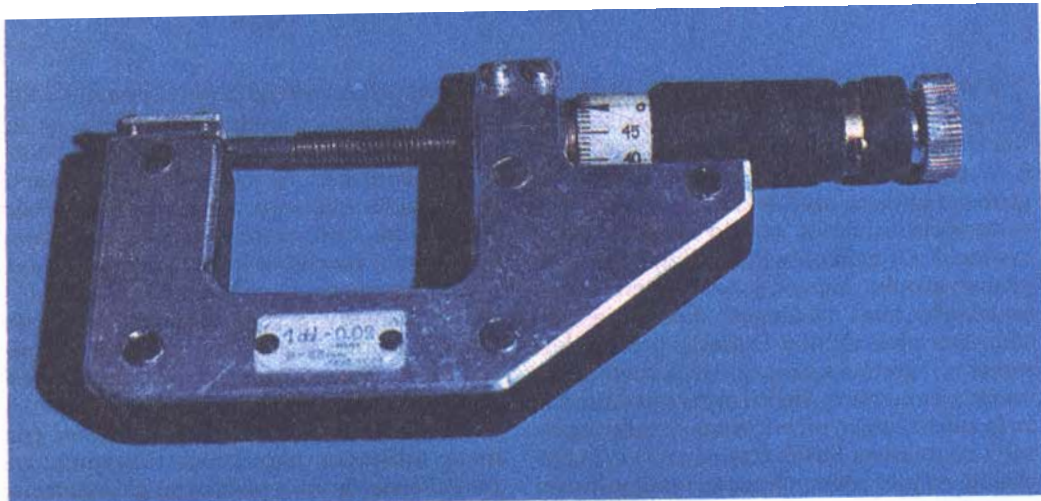
Widoczne na rys. 3 pokrętło moletowane (12) nie jest elementem niezbędnym, gdyż do pokręcania śrubą służą w zasadzie pierścienie pogrubiające. Jeżeli jednak posiadamy odpowiednie pokrętło, jego wbudowanie do

mikrometru jest godne polecenia. Rysunek 7 przedstawia trzpień mocujący moletowane pokrętło oraz dwa rodzaje samych pokręteł; – I bez osi (z zagłębieniem) i II – z osią, oraz sposoby ich połączenia z trzpieniem, który wykonamy z kawałka drewnianego klocka wg rys. 7.

Teraz już możemy zabrać się do montażu całego ruchomego układu pomiarowego, a kolejność poszczególnych czynności ilustruje rys. 8. Najpierw więc w tulei A (tulei osadzonej nakrętek) osadzamy dwie identyczne nakrętki (czyli części nr 5 z rys. 3). Robimy to w ten sposób, że ową tuleję stawiamy prostopadle do płaskiej powierzchni, z drugiej strony przykładamy jedną nakrętkę i uderzając lekko młotkiem poprzez kawałek deseczki wciskamy ją stosunkowo ciasno aż do zrównania z brzegiem tulei. Podobnie postępujemy z drugą nakrętką odwracając uprzednio tuleję. Nakrętki muszą być osadzone dość ciasno, ale nie na tyle, żeby mocno zniekształcić tulejkę A. Po osadzeniu nakrętek tulejkę A należy mocno owinąć taśmą izolacyjną z tworzywa sztucznego (lub taśmą przezroczystą) tak, aby możliwe było jej ciasne wetknięcie w tuleję B.

Kolejną czynnością jest osadzenie śruby mikrometru w tulei C. Po wetknięciu łba śruby w tuleję C należy ząbki owej tulei zagiąć do wewnątrz. Umocowanie śruby trzeba dodatkowo wzmocnić klejem Distal. Należy zwrócić szczególną uwagę, aby oś śruby pokrywała się z osią tulei C. Gdy już klej dobrze wyschnie (po około 24 godzinach) można tuleję C wraz ze śrubą umocować wewnątrz tulei D owinąwszy uprzednio tuleję C taśmą izolacyjną szerokości 18 ÷ 20 mm. Po połączeniu obu tulei przewiercamy je w czterech miejscach wiertłem o średnicy o 0,5 mm mniejszej niż średnica małych wkrętów przeznaczonych do ich późniejszego trwałego zespolenia. Od strony wywierconych otworów wsuwamy w tuleję C trzpień z pokrętłem moletowanym. Po wsunięciu przewiercamy trzpień poprzez cztery otwory w tulejach C i D tym samym wiertłem. Teraz, używając czterech małych wkrętów (o długości nie przekraczającej 7 mm), tuleje C i D oraz trzpień z pokrętłem moletowanym łączymy w zwartą całość.

Obecnie możemy już zabrać się do wykonania rzeczy chyba najważniejszej, tj. do wykonania podziałek. Pracę tę rozpocznie-



my od wykonania podziałki milimetrowej na tulei B. W tym celu śrubę mikrometru wraz z tulejami C i D wkręcamy do tulei B do momentu, kiedy brzeg tulei D znajduje się w odległości równej 17 mm od brzegu tulei B. W takim położeniu całość przenosimy na imadło, przy czym szczęki imadła muszą być rozsunięte na odległość o 2÷3 mm mniejszą, niż wynosi średnica tulei D. Tuleję D opieramy równo na szczękach imadła i za pomocą ostrego cyrkla wyrzynamy kreskę o długości 4 mm prostopadle do długiej osi tulei B. Igła cyrkla musi być prowadzona przy brzegu tulei D.

Teraz śrubę mikrometru wraz z tulejami C i D należy zupełnie wykręcić, a na tulei B wyżłobić trzeba kreskę o długości 25 mm równoległą do długiej osi tulei B tak, aby zetknęła się ona swoim końcem z krótką kreską wykonaną uprzednio. Owa krótką kreska jest kreską „zerową” podziałki milimetrowej.

Po tych czynnościach ponownie wkręcamy śrubę mikrometru do tulei B tak, aby brzeg tulei D idealnie zrównał się z kreską „zerową” skali milimetrowej. W takim położeniu trzeba lekko zaznaczyć cyrklem małą kreskę na tulei D dokładnie pokrywającą się z długą kreską (25 mm) skali milimetrowej. Ta mała kreska na tulei D jest kreską „zerową” przyszłej podziałki mikrometrycznej. Kolejne milimetry na podziałce milimetrowej wyznaczamy w ten sposób, że tuleję D za każdym razem obracamy dokładnie o jeden pełny obrót aż do idealnego ponownego zgrania się kreski „zerowej” podziałki mikrometrycznej z długą kreską podziałki mi-

limetrowej. Żłobiąc kolejne kreski należy uważać, aby igła cyrkla prowadzona była zawsze pod tym samym kątem w zetknięciu z brzegiem tulei D. Czynność żłobienia należy wykonywać delikatnie, stopniowo i zawsze do długiej kreski uważając, aby jej nie przekroczyć. W ten sposób wyznaczamy podziałkę o długości 25 mm. Co piątą kreskę robimy o 1 mm dłuższą, a co dziesiątą o 3 mm. Dodatkowo co dziesiątą kreskę trzeba oznaczyć wartością liczbową. Liczby żłobimy także cyrklem, co jest dość trudne, ale konieczne. Po wyżłobieniu całej skali należy ją lekko przetrzeć drobnoziarnistym papierem ściernym.

Ostatnim etapem wykonania podziałki milimetrowej jest nadanie jej wyrazistości poprzez wypełnienie wyżłobień czarnym pigmentem. Samo wypełnienie polega na wcieraniu palcem lub bibułą pigmentu rozrobionego z jedną z podanych substancji – klejem Distal, szkłem wodnym, pokostem lnianym, olejkiem cedrowym lub lakierem. Nie mogą to być substancje szybko schnące. Jako pigmentu możemy użyć sproszkowanego grafitu ołówkowego lub tlenku miedziowego, czy wreszcie tlenku manganu. Oczywiście jest, że najprościej będzie zdobyć grafit. Tak więc zwykły grafit ścierny na drobnoziarnistym papierze ściernym, a uzyskany proszek mieszamy na jednolitą papkę, o konsystencji miodu, z jedną z podanych cieczy. Po wtarcu zawiesiny w wyżłobienia (które zrobiły się czarne) należy tuleję B wytrzeć czystą bibułą. Jeżeli po wyschnięciu zawiesiny stwierdzimy słabe zaczerpienie rowków, należy tę czynność powtórzyć aż wyżłobione rowki staną się wyraziście czarne.



Wykonanie skali mikrometrycznej na ruchomej tulei D jest znacznie prostsze, ale także wymagające dużej dokładności – rys. 9. W tym celu na tuleję D nawijamy pasek grubego papieru szerokości 12 mm tak, aby całkowicie zamknął obwód tulei D (patrz rysunek). Ostrym ołówkiem zaznaczamy na pasku kropką miejsce, w którym pasek uciąć, aby miał on długość dokładnie taką samą jak obwód tulei D. Teraz pasek zdejmujemy, zgodnie z oznaczeniem, równo ucinamy i zabieramy się do wyrysowania dobrze zaostrożonym ołówkiem podziałki zgodnie z rysunkiem. Pasek trzeba zmierzyć i podzielić na pięć równych części rysując kreski długości 5 mm. Każdą z otrzymanych pięciu części dzielimy na pół, a otrzymaną połówkę na kolejne pięć równych części. W ten sposób otrzymaliśmy podziałkę podzieloną na 50 równych części. Przy skoku śruby o 1 mm, wartość działki elementarnej na bębnie =  $1 \text{ mm}/50 = 0,02 \text{ mm}$ . Co piąta kreska musi mieć długość 5 mm, a reszta po 2 mm. Także co piąta musi mieć kolejne oznaczenie cyfrowe, począwszy od 45, a skończywszy na 0 tak, jak to widać na rysunku.

Do gotowej podziałki przyklejamy kawałek taśmy przezroczystej długości dwukrotnie większej niż długość podziałki (patrz rysunek). Podklejona podziałkę owijamy wraz z taśmą wokół tulei D tak, aby jej końce idealnie się zeszły (tu miejsce „zerowe”), a brzeg podziałki pokrył się z brzegiem tulei D. Należy jeszcze tylko obciąć żyłką wystający poza brzeg tulei D fragment taśmy i podziałka gotowa.

Na tuleję D trzeba jeszcze nawinąć paski plastra opatrunkowego zgodnie z ustaleniami na rysunku. Są to właśnie pierścienie pogrubiające, mające za zadanie ułatwić chwyt i obrót śrubą mikrometryczną, jak również zabezpieczyć dodatkowo taśmę przezroczystą podziałki przed ewentualnym odwijaniem się. Gotowe pierścienie pogrubiające trzeba pomalować czarną matową farbą Modelak (do nabycia w Składnicy Harcerskiej), co nada im bardzo ładny wygląd.

Po tych wszystkich czynnościach cały ruchomy układ pomiarowy (śruba mikrometryczna) naszego mikrometru jest już gotowy i możemy zabrać się do wykonania kolejnej ważnej części – kowadełka wraz z jego zaciskami – rys. 10.

Kowadełko sporządzimy wg rysunku z kawałka gwoźdźca o średnicy nie mniejszej niż 4 mm, którego koniec spiłowujemy, podobnie jak koniec śruby mikrometru, dokładnie prostopadle do jego długiej osi. Zaciski kowadełka, czyli część 17 z rys. 3 wycinamy z tej samej blachy, z której sporządzone są okładki wzmacniające kabłąk.

Wykonawszy już kowadełko i zaciski mamy komplet elementów składowych mikrometru i możemy rozpocząć montaż całości wg rys. 11.

Ostatnią rzeczą, jaką możemy zrobić jest mała tabliczka papierowa zabezpieczona plastikową płytką z podanymi parametrami mikrometru. Należy tam zamieścić wartość elementarnej działki skali mikrometrycznej, która w tym przypadku równa jest 0,02 mm (czyli kolejne liczby na podziałce oznaczają:  $5 = 5 \cdot 0,02 = 0,1 \text{ mm}$ ,  $10 = 10 \cdot 0,02 = 0,2 \text{ mm}$  itd), oraz zakres pomiarowy  $0 \div 25 \text{ mm}$ . Przed użyciem śrubę mikrometru należy nasmarować nie zasychającym smarem lub oliwą maszynową.

Regulacja mikrometru polega na zwolnieniu zacisków kowadełka (poprzez odkręcenie czterech wkrętów) i zetknięciu jego płaskiej powierzchni całą płaszczyzną z powierzchnią śruby mikrometrycznej, ustawionej na wartości zerowej podziałki milimetrowej. Ustawienie powierzchni względem siebie sprawdzamy pod światło. Możemy je uznać za prawidłowe, jeżeli pomiędzy nimi nie ma żadnego prześwitu. Tak ustawione kowadełko należy unieruchomić za pomocą zacisków.

Technika przeprowadzania pomiarów jest identyczna z techniką, jaką opisano na wstępie.

Przeprowadzone przez autora pomiary porównawcze (pomiary wiertel) z mikrometrem wykonanym fabrycznie wykazały błąd pomiaru zbudowanego własnym sumptem mikrometru rzędu  $0,01 \div 0,02 \text{ mm}$ .

Zbudowany mikrometr jest urządzeniem delikatnym, dlatego też pomiary trzeba przeprowadzać bardzo ostrożnie, bez używania zbyt dużej siły, gdyż może to doprowadzić do uszkodzenia przyrządu, a w najlepszym razie – rozregulowania. Dobrze jest zrobić pudełko ochronne, w którym nasz przyrząd będzie zabezpieczony przed urazami mechanicznymi.

Marek Miś