# 2 Proste przyrządy i narzędzia pomiarowe oraz sposoby pomiaru

## 2.1. Cel i dokładność pomiarów warsztatowych

Celem pomiarów warsztatowych jest sprawdzenie prawidłowości wykonania przedmiotu obrabianego zgodnie z rysunkiem technicznym.

**Pomiar** jest to doświadczalne wyznaczanie z określoną dokładnością miary danej wielkości. Tradycyjnie pomiar jest traktowany jako porównywanie mierzonej wartości danej wielkości ze znaną wartością tej wielkości przyjmowaną za jednostkę miary.

Sprawdzenie kształtu przedmiotu polega na ogół na pomiarze długości krawędzi lub wielkości średnic, pomiarze kątów, tj. wzajemnego położenia płaszczyzn względem siebie oraz na określeniu chropowatości powierzchni.

Każdy pomiar jest obarczony pewnym **błędem** powstałym wskutek niedokładności przyrządów pomiarowych, niedoskonałości wzroku oraz warunków, w jakich pomiar się odbywa, np. temperatury. Pomiary zaleca się wykonywać w temperaturze ok. 20°C.

## 2.2. Metody pomiarowe

W zależności od sposobu otrzymywania wartości wielkości mierzonej rozróżnia się metody pomiarowe: bezpośrednią i pośrednią.

**Metoda pomiarowa bezpośrednia** występuje wówczas, gdy wartość wielkości mierzonej jest otrzymywana wprost, bez konieczności wykonywania obliczeń (np. z odczytania wskazania narzędzia pomiarowego).

**Metoda pomiarowa pośrednia** polega na tym, że poszukiwana wartość wielkości mierzonej jest obliczana na podstawie zależności wiążącej ją z wielkościami, których wartości były mierzone bezpośrednio (np. wyznaczanie objętości stożka na podstawie pomiarów wysokości i średnicy podstawy).

W zależności od sposobu porównywania wartości wielkości mierzonej ze znanymi wartościami tej wielkości rozróżnia się metody: bezpośredniego porównywania oraz różnicową.

**Metoda bezpośredniego porównywania** występuje wówczas, gdy cała wartość wielkości mierzonej jest porównywana ze znaną wartością tej samej wielkości (np. pomiar długości przymiarem).

**Metoda różnicowa** polega na pomiarze niewielkiej różnicy między wartością wielkości mierzonej a znaną wartością tej wielkości (np. pomiar średnicy średniczówką czujnikową).

## 2.3. Narzędzia pomiarowe

Narzędzia pomiarowe podzielono na dwie grupy: wzorce miar i przyrządy pomiarowe. Do **wzorców miar** zalicza się wszystkie narzędzia pomiarowe, które odtwarzają jedną lub wiele znanych wartości danej wielkości, np. przymiary, odważniki, menzury.

W przeciwieństwie do wzorców miar **przyrządy pomiarowe** są wyposażone w przetworniki, które spełniają różne funkcje, np. przetwarzanie jednej wielkości w inną, powiększanie dokładności odczytania.

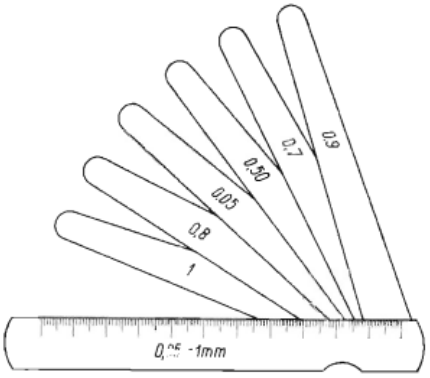
### Przymiar kreskowy

Do pomiarów mniej dokładnych używa się przymiaru kreskowego z podziałką milimetrową. Niektóre przymiary mają również podziałkę co pół milimetra. Do pomiaru większych długości używa się przymiaru taśmowego.

### Szczelinomierz

Szczelinomierz (**rys. 2-1**) służy do określenia wymiaru szczelin lub luzów między sąsiadującymi powierzchniami. Składa się z kompletu płytek, każda o innej grubości, osadzonych obrotowo jednym końcem w oprawie. Szczelinomierze składają się z 11, 14 lub 20 płytek. Szczelinomierz 11-płytkowy składa się z płytek o grubości: 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, i 1 mm. Sposób dokonywania pomiarów jest następujący: jeżeli np. płytka 0,2 łatwo wchodzi w szczelinę tak, że wyczuwa się jeszcze luz, a płytka 0,3 nie wchodzi wcale, to grubość szczeliny przyjmuje się jako wartość średnią

$$\frac{0{,}2+0{,}3}{2}=\frac{0{,}5}{2}=0{,}25\ \text{mm}$$

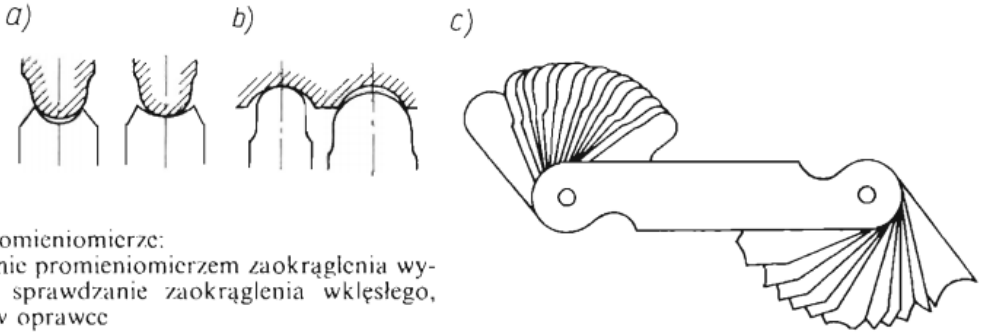



**Rys. 2-1.** Szczelinomierz

Szczelinomierze najczęściej są stosowane w czasie regulacji luzu zaworowego silnika spalinowego 4-suwowego, oraz podczas montażu maszyn do pomiaru luzów między powierzchniami współpracujących ze sobą części maszyn.

## Promieniomierze

Promieniomierzami (**rys. 2-2**) nazywamy wzorniki do sprawdzania promieni zaokrągleń wypukłych (**rys. 2-2***a*) i wklęsłych (**rys. 2-2***b*). Zestaw takich wzorników o różnych promieniach zaokrąglenia (**rys. 2-2***c*) stanowi komplet promieniomierzy o określonym zakresie pomiarowym. Sprawdzanie zaokrąglenia odbywa się przez



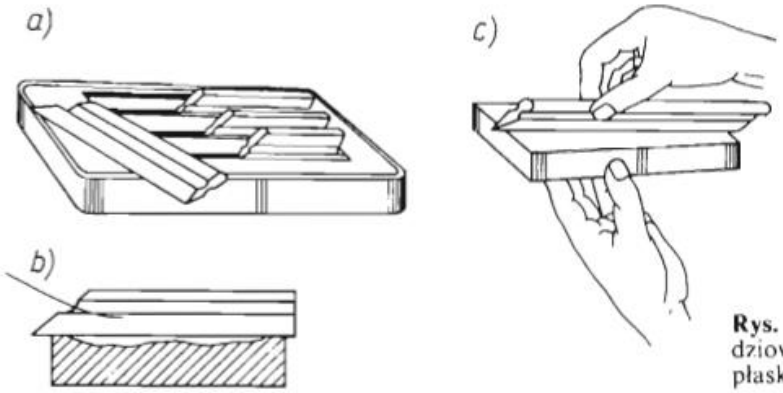

**Rys. 2-2,** Promieniomierze:
*a)* sprawdzanie promieniomierzem zaokrąglenia wypukłego, *b)* sprawdzanie zaokrąglenia wklęsłego, *c)* komplet w oprawce

przymierzanie kolejnych wzorników, aż do dopasowania takiego, który będzie dokładnie przylegał. Wtedy z tego wzornika odczytujemy uwidoczniony na nim promień zaokrąglenia.

Na **rys. 2-2***a*, *b* przedstawiono ponadto przykład sprawdzania krzywizn za pomocą dwu wzorników granicznych, czyli o najmniejszym i największym promieniu granicznym. W przypadku zaokrąglenia wypukłego (**rys. 2-2***a*) zarys można uznać za prawidłowy, jeżeli po przyłożeniu wzornika o najmniejszym dopuszczalnym promieniu daje się zaobserwować szczelinę świetlną w środku zarysu, a w przypadku wzornika o największym promieniu na krańcach sprawdzonego zarysu. W przypadku zaokrąglenia wklęsłego (**rys. 2-2***b*) zarys można uznać za prawidłowy, gdy rozkład szczelin świetlnych jest odwrotny.

## Liniał krawędziowy

Liniał krawędziowy służy do sprawdzania płaskości powierzchni. Zestaw liniałów krawędziowych o różnej długości tworzy komplet (**rys. 2-3***a*). Jedno czoło liniału jest ścięte pod kątem prostym, a drugie pod kątem 45 . Robocza część liniału krawędziowego jest minimalnie zaokrąglona ($R = 0{,}1 \div 0{,}2$ mm).

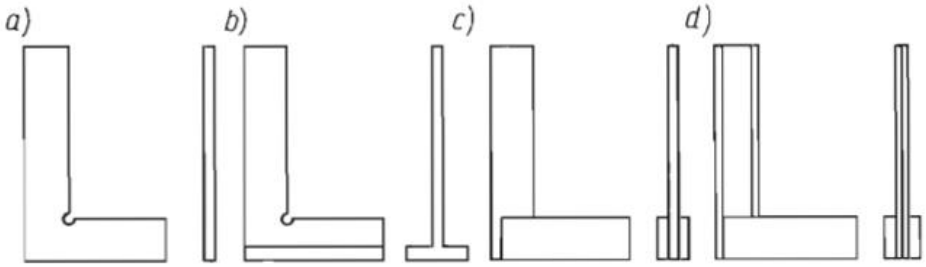



**Rys. 2-3.** Komplet liniałów krawędziowych i sposoby sprawdzania płaskości powierzchni obrabianej

Liniał przykłada się do sprawdzanej powierzchni w różnych kierunkach i miejscach obserwując, czy występuje szczelina świetlna między krawędzią liniału a sprawdzaną powierzchnią (**rys. 2-3***b*). Pochylanie liniału (**rys. 2-3***c*) ułatwia obserwację szczeliny świetlnej.

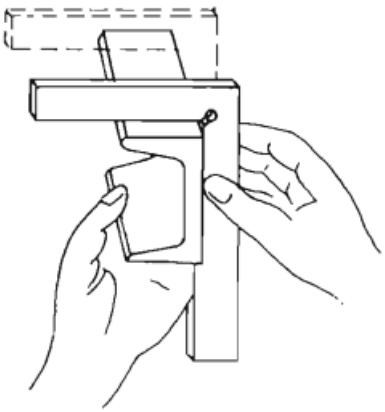
## Kątowniki

Kątowniki (**rys. 2-4**) są to wzorniki służące do sprawdzania kąta prostego. Sprawdzając kąt prosty zewnętrzny kątownik przykłada się wewnętrznymi bokami ramion do obrobionych płaszczyzn przedmiotu prostopadle do krawędzi




**Rys. 2-4.** Kątowniki: *a)* płaski, *b)* ze stopą, *c)* z grubym ramieniem, *d)* krawędziowy

przedmiotu i obserwuje szczelinę świetlną (**rys. 2-5**). Badając kąt wewnętrzny, kątownik przykłada się bokami zewnętrznymi, jak na przykład na **rys. 8-15***a* lub **rys. 9-9***a*.

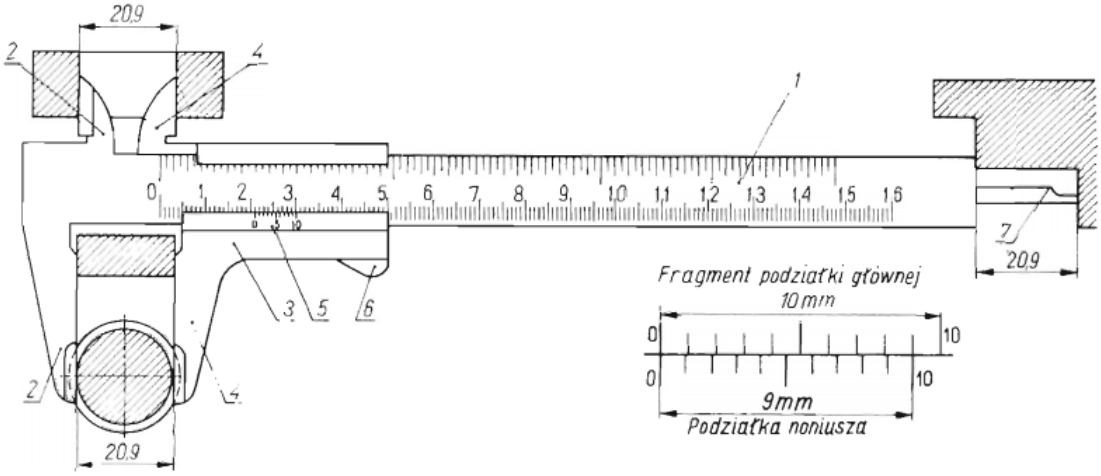


**Rys. 2-5.** Sprawdzanie kąta prostego

## Suwmiarka

Suwmiarką nazywa się przyrząd pomiarowy z noniuszem, przystosowany do pomiaru wymiarów zewnętrznych i wewnętrznych, a gdy ma wysuwkę głębokościomierza — również do pomiaru głębokości. Suwmiarką można dokonać pomiaru zwykle z dokładnością do 0,1 mm.

**Suwmiarka uniwersalna** (**rys. 2-6**) składa się z prowadnicy stalowej *1* z podziałką milimetrową, zakończonej dwiema szczękami nieruchomymi *2*. Po prowadnicy przesuwa się suwak *3* mający dwie szczęki przesuwne *4* (dolną dłuższą i górną krótszą), odpowiadające szczękom stałym *2*. Na suwaku znajduje się



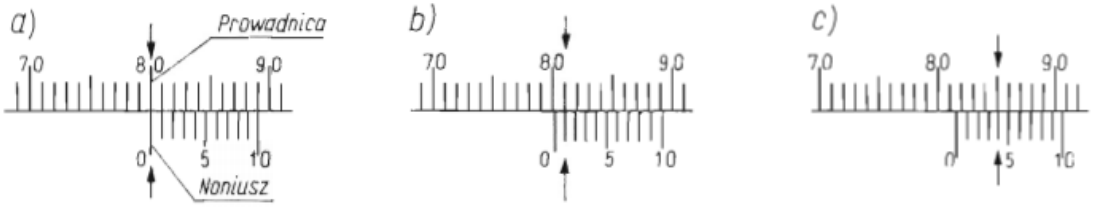

**Rys. 2-6.** Suwmiarka

specjalna podziałka długości 9 mm, zwana noniuszem *5*, składająca się z 10 równych części; działka noniusza jest równa 9/10, tj. 0,9 mm. Suwak jest wyposażony w dźwignię zacisku *6*, za pomocą której ustala się położenie suwaka. Suwmiarka warsztatowa jest wyposażona w wysuwkę głębokościomierza *7* do pomiaru głębokości.

Pomiaru suwmiarką dokonuje się następująco: suwak odsuwa się w prawo i między rozsunięte szczęki wkłada się mierzony przedmiot; następnie dosuwa się

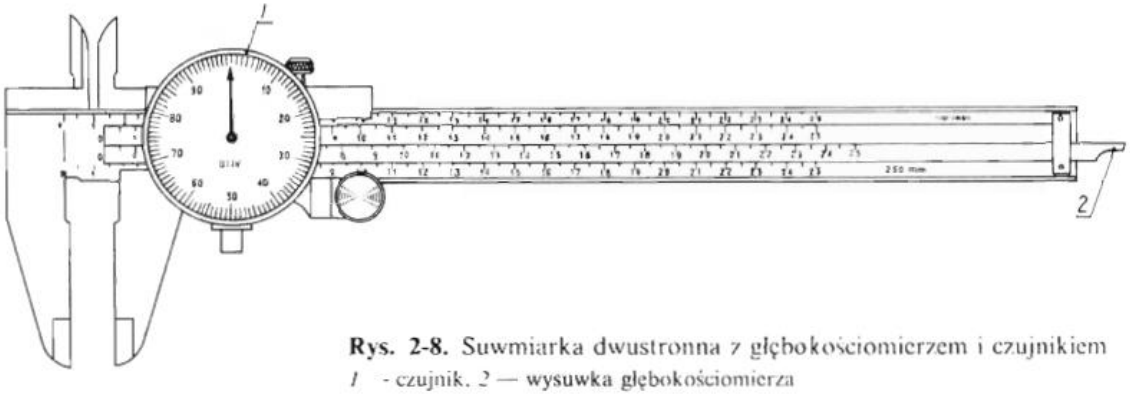
suwak do zetknięcia płaszczyzn stykowych szczęk z krawędzią przedmiotu. Teraz odczytuje się, ile całych działek prowadnicy (milimetrów) odcina zerowa kreska noniusza, co odpowiada mierzonemu wymiarowi w milimetrach. Następnie odczytuje się, która kreska noniusza znajduje się na przedłużeniu kreski podziałki prowadnicy (kreska noniusza wskazuje dziesiąte części milimetra).

Na **rys. 2-7** podano sposoby odczytywania wymiarów. Pomiary zostały wykonane z dokładnością do 0,1 mm.




**Rys. 2-7.** Przykłady położenia podziałki noniusza suwmiarki podczas pomiaru: *a)* wymiar 80,0 mm, *b)* wymiar 80,1 mm, *c)* wymiar 81,4 mm

Oprócz suwmiarek o dokładności pomiaru 0,1 mm niekiedy używa się suwmiarek o dokładności pomiaru 0,05 mm i 0,02 mm. Te dwie ostatnie suwmiarki różnią się nacięciami noniusza. Na **rys. 2-8** pokazano suwmiarkę dwustronną z głębokościomierzem i czujnikiem, przeznaczoną do pomiarów zewnętrznych, wewnętrznych i mieszanych. Zakres pomiarowy tej suwmiarki wynosi 150 mm, a wartość działki elementarnej noniusza 0,05 lub 0,02 mm.



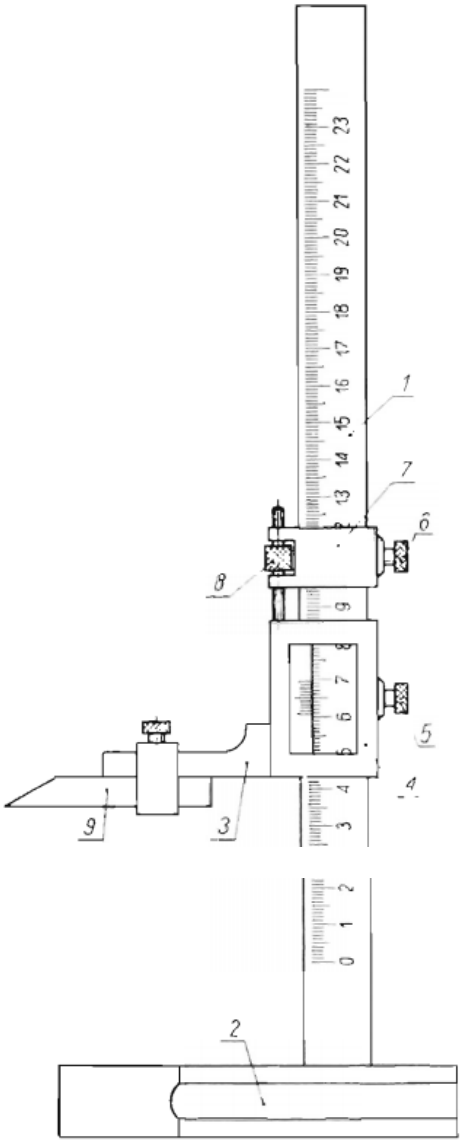

**Rys. 2-8.** Suwmiarka dwustronna z głębokościomierzem i czujnikiem
*1* - czujnik, *2* — wysuwka głębokościomierza

## Wysokościomierz suwmiarkowy

Do pomiaru wysokości przedmiotów lub wzajemnych odległości punktów albo powierzchni przedmiotu służy wysokościomierz suwmiarkowy (**rys. 2-9**). Zasada działania jest taka sama, jak suwmiarki. Jest on wyposażony w śruby zaciskowe *5* i *6* do ustalenia położenia suwaka. Wysokościomierz ten może być zastosowany do nanoszenia rys traserskich na powierzchni przedmiotu, po uprzednim założeniu na ramię przesuwne rysika, zamiast końcówki pomiarowej.

## Mikrometr

**Mikrometr zewnętrzny** (**rys. 2-10**) jest przeznaczony do pomiaru długości, grubości i średnicy z dokładnością do 0,01 mm. Składa się on z kabłąka *1*, którego jeden koniec jest zakończony kowadełkiem *2*, a drugi nieruchomą tuleją z podziałką wzdłużną *3* i obrotowym bębnem *4*, z podziałką poprzeczną *5*. Poza tym mikrometr jest wyposażony we wrzeciono *6*, zacisk ustalający *7* i pokrętło sprzęgła ciernego *8*. Wrzeciono ma nacięty gwint o skoku 0,5 mm i jest wkręcone w nakrętkę zamocowaną wewnątrz nieruchomej tulei z podziałką wzdłużną. Obracając bęben można dowolnie wysuwać lub cofać wrzeciono. Aby dokonać właściwego pomiaru i uniknąć uszkodzenia gwintu, przez zbyt mocne dociśnięcie czoła wrzeciona do powierzchni mierzonego przedmiotu, mikrometr jest wyposażony w sprzęgło cierne z pokrętłem. Obracając pokrętłem sprzęgła ciernego, obracamy wrzeciono do chwili zetknięcia go z mierzonym przedmiotem lub kowadełkiem, po czym sprzęgło ślizga się i nie przesuwa wrzeciona. Położenie wrzeciona ustala się za pomocą zacisku. Nieruchoma tuleja z podziałką jest wyposażona w kreskę wskaźnikową wzdłużną, nad którą jest naniesiona podziałka milimetrowa. Pod kreską wskaźnikową są naniesione kreski, które dzielą na połowy podziałkę milimetrową (górną). Na powierzchni bębna jest nacięta podziałka obrotowa poprzeczna dzieląca obwód bębna na 50 równych części.

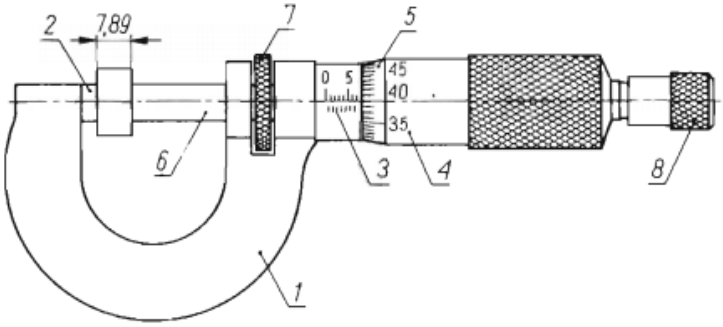



**Rys. 2-9.** Wysokościomierz suwmiarkowy

*1* — prowadnica z podziałką główną, *2* — podstawa, *3* — ramię przesuwne, *4* — suwak z podziałką noniusza, *5*, *6* — śruby zaciskowe, *7* — suwak dodatkowy, *8* — nakrętka śruby nastawczej, *9* — końcówka pomiarowa

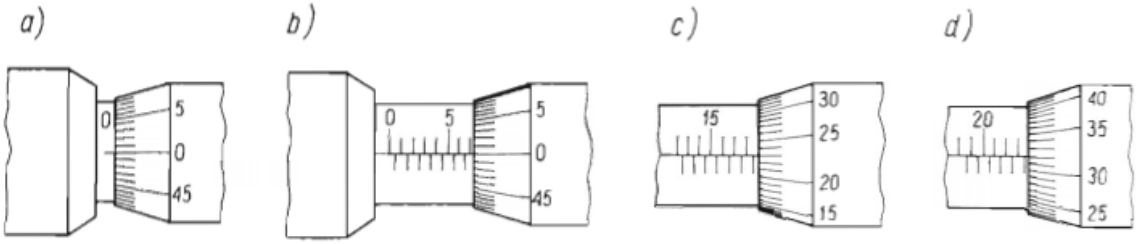
Skok śruby mikrometrycznej (gwintu wrzeciona) wynosi 0,5 mm. Pełny obrót bębna powoduje przesunięcie wrzeciona o 0,5 mm. Obrócenie więc bębna o 1 działkę podziałki poprzecznej powoduje przesunięcie się wrzeciona o

$$\frac{\text{skok śruby}}{50} = \frac{0{,}5}{50} = 0{,}01 \text{ mm}.$$




**Rys. 2-10.** Mikrometr zewnętrzny

Wartość mierzonej wielkości określa się najpierw odczytując na podziałce wzdłużnej liczbę pełnych milimetrów i połówek milimetrów odsłoniętych przez brzeg bębna, a następnie odczytuje się setne części milimetra na podziałce bębna patrząc, która działka na obwodzie bębna odpowiada wzdłużnej kresce wskaźnikowej tulei. Przykłady położenia bębna w czasie pomiaru pokazano na **rys. 2-11**. Na **rys. 2-11***a* przedstawiono położenie tulei i bębna w czasie zetknięcia się wrzeciona z kowadełkiem (odczyt — 0,00). Na **rys. 2-11***b* pokazano odczytanie wymiaru 7,50 mm, na **rys. 2-11***c* — 18,73 mm, a na **rys. 2-11***d* — 23,82 mm.




**Rys. 2-11.** Przykłady położenia podziałki bębna mikrometru w czasie pomiaru

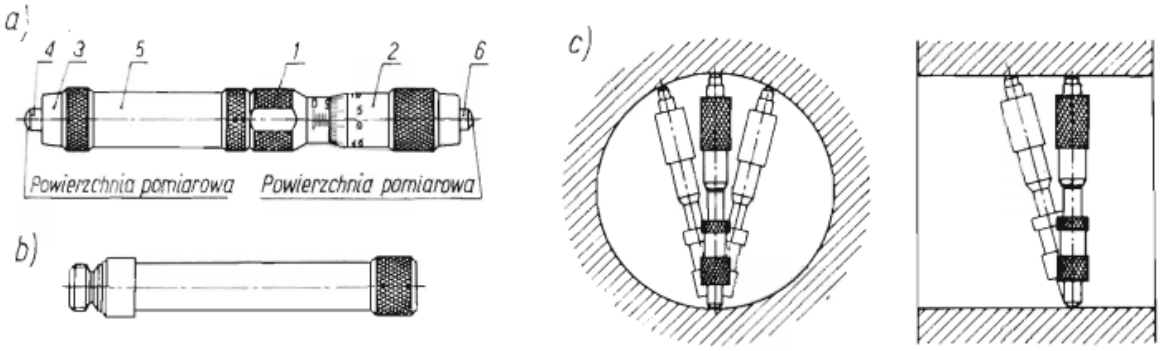
Mikrometry są wykonywane w różnych wielkościach o zakresach pomiarowych $0 \div 25$ mm, $25 \div 50$ mm, $50 \div 75$ mm i dalej co 25 mm do 1000 mm. Duże mikrometry wykonuje się z czterema wymiennymi kowadełkami o długościach stopniowanych co 25 mm, dzięki czemu jeden mikrometr pokrywa zakres pomiarowy 100 mm (np. od 200 do 300 mm). Rozróżnia się trzy klasy dokładności mikrometrów: 0, I i II. Dopuszczalne błędy pomiarów, w zależności od klasy dokładności mikrometru i zakresu pomiarowego, wynoszą $\pm 2 \div \pm 40$ $\mu$m.

**Mikrometr wewnętrzny** jest stosowany do pomiaru średnic otworów, wgłębień i szerokości rowków. Odczytywanie wyników i sposób pomiaru są identyczne jak w mikrometrze zewnętrznym. Mikrometry wewnętrzne są budowane o zakresach pomiarowych: $5 \div 30$ mm i $30 \div 55$ mm.

## Średnicówka mikrometryczna

Średnicówka służy do wyznaczania wymiarów otworów, głównie średnic, w zakresie $75 \div 575$ mm. Średnicówka mikrometryczna (**rys. 2-12**) zbudowana jest z tulei *1*, wrzeciona *6* ze śrubą mikrometryczną, bębna *2*, końcówki stałej *3* z trzpieniem pomiarowym *4* i przedłużacza *5*. Na tulei znajduje się kreska wzdłużna i podziałka o zakresie pomiarowym 13 mm. Na jednym końcu tulei znajduje się końcówka o powierzchni sferycznej, a na drugim nagwintowany wewnątrz otwór, w którym przesuwa się wrzeciono ze śrubą mikrometryczną o skoku 0,5 mm. Na wrzecionie jest zamocowany bęben z podziałką o zakresie pomiarowym 0,5 mm, co umożliwia odczyt z dokładnością do 0,01 mm.

Do sferycznej powierzchni tulei przylega trzpień pomiarowy osadzony w przykręconej do tulei oprawie ze sprężyną zapewniającą odpowiedni docisk. Jeden koniec wrzeciona ma sferyczną powierzchnię pomiarową i zabezpieczone nakrętką dwie śruby regulacyjne do nastawienia dolnej granicy zakresu pomiarowego.




**Rys. 2-12.** Średnicówka mikrometryczna: *a)* widok, *b)* przedłużacz, *c)* prawidłowe (linie grube) położenie średnicówki w otworze

Dla zwiększenia zakresu pomiarowego między tuleję a końcówkę stałą wkręca się odpowiedni przedłużacz lub ich zestaw. W skład kompletu wchodzą przedłużacze długości 13, 25, 50, 100 i 200 mm. Zakres pomiarowy średnicówki bez przedłużacza wynosi 75÷88 mm, a ze wszystkimi przedłużaczami 75÷575 mm.

## Głębokościomierz mikrometryczny

Głębokościomierz służy do pomiarów głębokości otworów nieprzelotowych, zagłębień lub uskoków. Elementem pomiarowym tego głębokościomierza jest śruba mikrometryczna. Umożliwia on dokonywanie pomiarów z dokładnością 0,01 mm.

Głębokościomierze mikrometryczne mogą być z przedłużaczami wymiennymi lub bez przedłużaczy. Najczęściej stosowane zakresy pomiarowe wynoszą 0÷100 mm, a wartość działki elementarnej, podobnie jak w mikrometrze, wynosi 0,01 mm.