

POLITECHNIKA  **BIAŁOSTOCKA**
WYDZIAŁ INŻYNIERII ZARZĄDZANIA



KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

PODSTAWY TECHNIKI I TECHNOLOGII

Kod przedmiotu: **ISO1123, INO1123**

Numer ćwiczenia: 20

Temat: Zastosowanie wybranych narzędzi pomiarowych do pomiaru średnic otworów

Opracowanie:

mgr inż. Krzysztof Połubiński

mgr inż. Patrycja Rogowska

Białystok 2018

Cel ćwiczenia: Celem ćwiczenia jest zapoznanie się studentów z wybranymi metodami pomiaru średnic wewnętrznych otworów oraz nabyć umiejętności posługiwania się przyrządami pomiarowymi oraz oceny niepewności wyników pomiarów.

1. PODSTAWY TEORETYCZNE

Celem pomiarów warsztatowych jest sprawdzenie prawidłowości wykonania przedmiotu obrabianego zgodnie z rysunkiem technicznym. Pomiar jest to doświadczalne wyznaczenie z określoną dokładnością miary danej wielkości. Tradycyjnie pomiar jest traktowany jako porównywanie mierzonej wartości danej wielkości ze znaną wartością tej wielkości.

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

Pomiar jest to doświadczalne wyznaczenie z określoną dokładnością miary określonej wielkości. **Miara** jest to wartość wielkości przyjętej za jednostkę porównawczą, wyrażona iloczynem liczby i jednostki miary np. 0,015 m. Jednostką miary długości jest metr. **Sprawdzanie** to doświadczalne stwierdzenie, czy wymiar, kształt lub działanie sprawdzanego przedmiotu nie wykracza poza granice przewidzianej tolerancji. Narzędzia pomiarowe służące do sprawdzania noszą nazwę sprawdzianów.

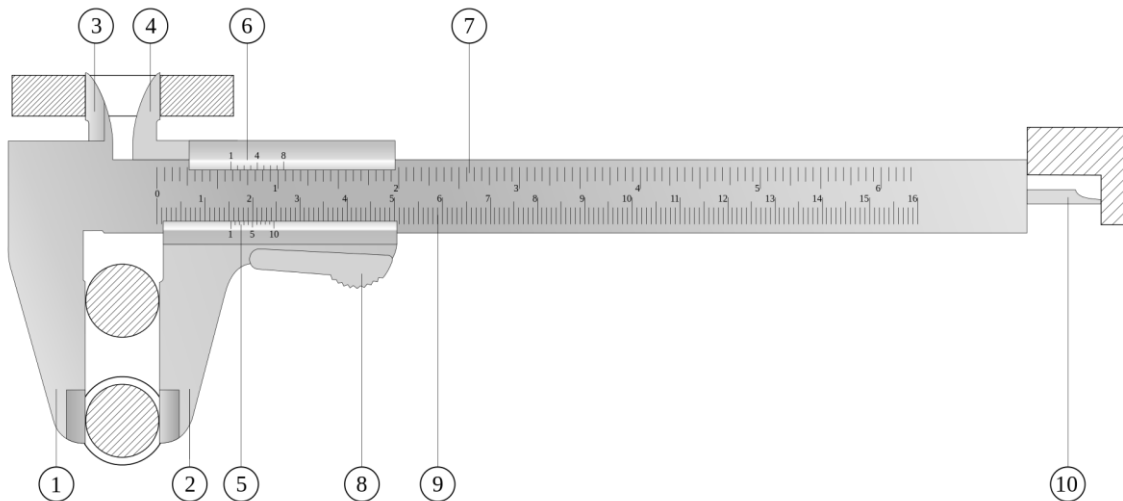
Metoda pomiarowa określa sposób porównania wielkości mierzonej z wzorcem tej wielkości, w celu ustalenia wyniku pomiaru. Metody pomiarowe można podzielić na:

- 1) **pomiary bezpośrednie** – występują wówczas, gdy wartość wielkości mierzonej jest otrzymywana wprost, bez konieczności wykonywania obliczeń (np. pomiar średnicy wałka za pomocą suwmiarki i mikrometru);
- 2) **pomiary pośrednie** - polegają na tym, że poszukiwana wartość wielkości mierzonej jest obliczana na podstawie zależności wiążącej ją z wielkościami, których wartości były mierzone bezpośrednio (np. wyznaczanie objętości cylindra na podstawie pomiarów wysokości i średnicy podstawy).

NARZĘDZIA POMIAROWE

SUWMIARKA UNIWERSALNA

Suwmiarka jest przyrządem zaopatrzoną w noniusz. Służy ona do mierzenia wymiarów zewnętrznych, wewnętrznych i mieszanych.

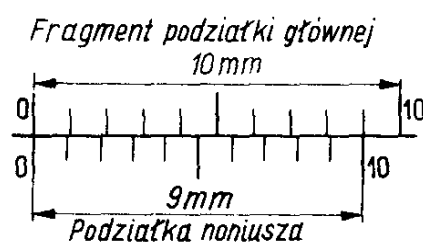


Rysunek 1. Suwmiarka

Budowa suwmiarki uniwersalnej: 1 - Stała szczęka do pomiaru wymiarów zewnętrznych; 2 - Ruchoma szczęka do pomiaru wymiarów zewnętrznych; 3 - Stała szczęka do pomiaru wymiarów wewnętrznych; 4 - Ruchoma szczęka do pomiaru wymiarów wewnętrznych; 5 - Noniusz zwiększający dokładność pomiarową do 0,1[mm]; 6 - Noniusz zwiększający dokładność pomiarową do 1/128 cala; 7 - Podziałka calowa; 8 - Dźwignia zacisku ustalającego położenie przesuwnej szczęki; 9 - Podziałka milimetrowa; 10 - Głębokościomierz, do pomiarów głębokości i wymiarów mieszanych

Noniusz w przyrządach pomiarowych służy do odczytania wyniku pomiaru z większą dokładnością. W suwmiarkach stosuje się noniusze o dokładności odczytu 0,1, 0,05 i 0,02 [mm]. Stosuje się noniusze o modułach $m=1$ i $m=2$. Przy $m=1$ noniusz w suwmiarce o dokładności 0,1 wynosi $L=9$ [mm], o dokładności 0,05 [mm] wynosi $L=19$ [mm]. Natomiast przy module $m=2$ w suwmiarce o dokładności 0,1 wynosi $L=19$ [mm], o dokładności 0,05 [mm] wynosi $L=39$ [mm].

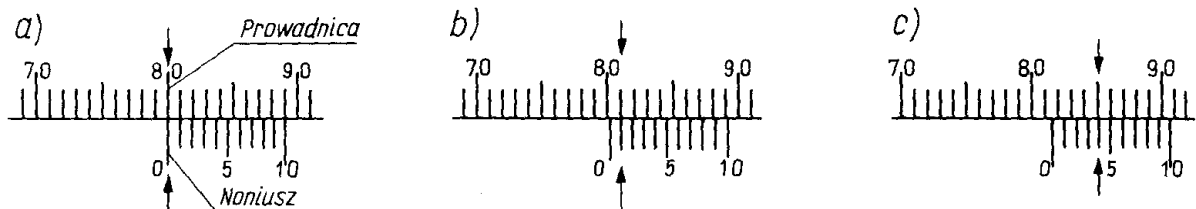
(m - moduł noniusza, L – długość noniusza)



Rysunek 2. Noniusz o module $m=1$

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). Podczas odczytu pomiaru występuje błąd koincydencji wynikający z błędu oceny położenia dwóch równoległych kresek leżących naprzeciw siebie.

Na rysunku 3 podano sposoby odczytywania wymiarów. Pomiaru zostały wykonane z dokładnością do 0,1 mm.



Rysunek 3. Przykłady położenia podziałki noniusza suwmiarki podczas pomiaru:

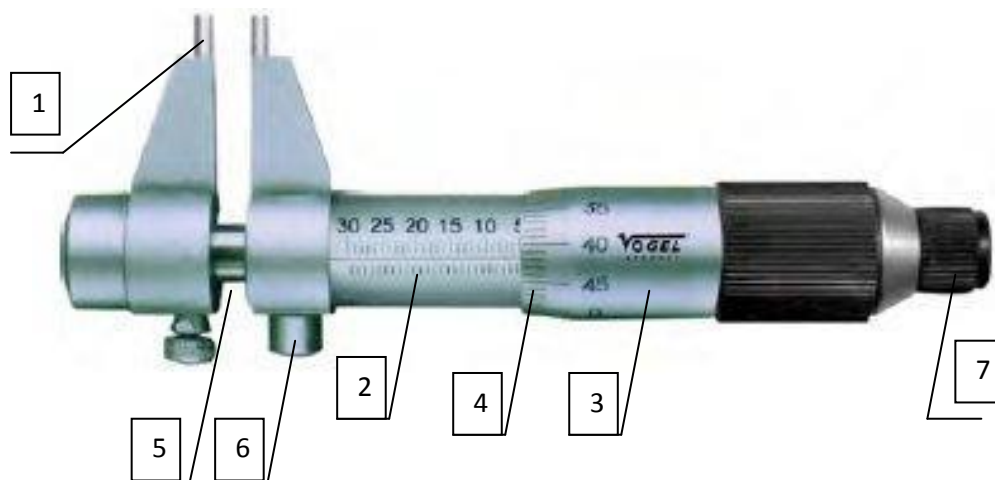
a) wymiar 80,0 mm,

b) wymiar 80,1 mm,

c) wymiar 81,4 mm

MIKROMETR WEWNĘTRZNY

Mikrometr jest urządzeniem pomiarowym wyposażonym w śrubę mikrometryczną, której skok pełni rolę wzorca długości. Śruby mikrometryczne mają gwint o podziałce $p=0,5$ [mm] lub $p=1$ [mm]. Podziałka kreskowa posiada elementarną wartość działki wynoszącą 0,01 [mm]. Stosuje się również przyrządy z cyfrowym pomiarem o dokładności 0,001 [mm].



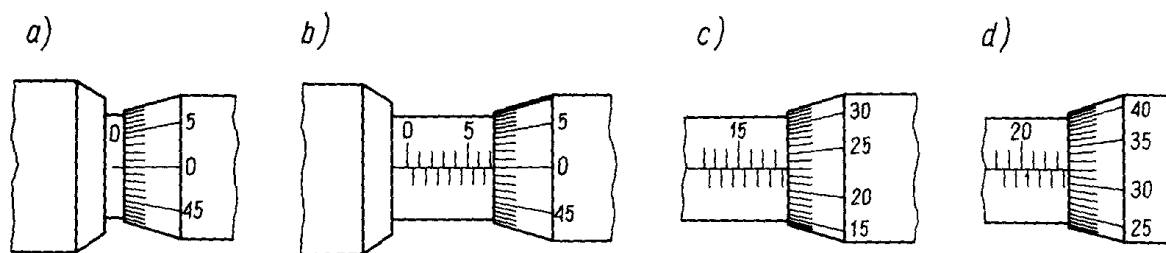
Rysunek 3. Mikrometr do pomiarów wewnętrznych

Mikrometr wewnętrzny jest stosowany do pomiaru średnic otworów, wgłębień i szerokości rowków z dokładnością do 0,01 mm. Odczytywanie wyników i sposób pomiaru są identyczne jak w mikrometrze zewnętrznym. Mikrometr wewnętrzny są budowany jest o zakresach pomiarowych: $5 \div 30$ mm i $30 \div 55$ mm. Składa się on ze szczęk pomiarowych **1**, nieruchomej tulei z podziałką wzdłużną **2**, obrotowym bębnem **3** z podziałką poprzeczną **4**. Poza tym mikrometr jest wyposażony we wrzeciono **5**, zacisk ustalający **6** i pokrętło sprzęgła ciernego **7**.

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 ciernie z pokrętłem. Obracając pokrętłem sprzęgła ciernego, obracamy wrzeciono do chwili zetknięcia go z mierzonym przedmiotem, po czym sprzęgło ślizga się i nie przesuwają wrzeciona. Położenie wrzeciona ustala się za pomocą zacisku.

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:



Rysunek 4. Przykłady położenia bębna w trakcie pomiaru
a) 0,00 [mm] b) 7,50 [mm] c) 18,73 [mm] d) 23,82 [mm]

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. 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 0,01 mm.

Przyrządy mikrometryczne winny spełniać szereg warunków, które szczegółowo przedstawione są w PN-82/M-53200 „Przyrządy mikrometryczne. Wymagania”. Jednym z podstawowych warunków jest spełnienie wymagań dotyczących dokładności. Wg w/w normy za błąd przyrządu mikrometrycznego f_i przyjmuje się różnicę pomiędzy wartością x_i wskazywaną przez przyrząd, a wartością poprawną $x_{0,i}$, za którą przyjmuje się wartość nominalną użytego do sprawdzania mikrometru stosu płytek wzorcowych. Na podstawie wyznaczonych wartości błędów f_i sporządza się wykres błędów i ustala wartości trzech parametrów:

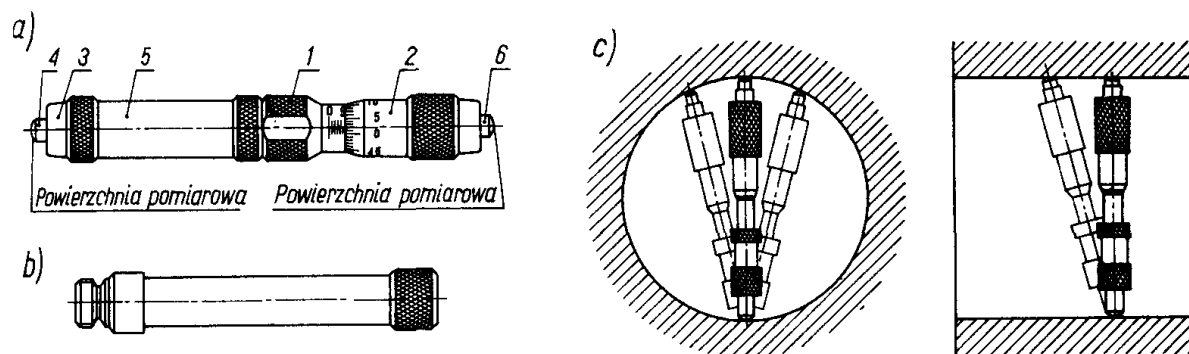
- błędu wskazania zerowego f_A (dla $x_i = A$, gdzie A oznacza dolną granicę zakresu pomiarowego przyrządu);
- maksymalnego (co do wartości bezwzględnej) błędu f_i ;
- maksymalnej różnicy wartości błędów F ($F = f_{i, \max} - f_{i, \min}$).

Dla powyższych parametrów norma PN-82/M - 53200 ustala wartości dopuszczalne:

Zakres pomiarowy	Wartości dopuszczalne [μm]	
	Δf_i	Δf_A
5÷30	± 5	± 3
25÷50	± 8	± 6
50÷75	± 8	± 6
75÷100	± 8	± 6

ŚREDNICÓWKA MIKROMETRYCZNA

Średnicówka służy do wyznaczania wymiarów otworów, głównie średnic, w zakresie 75÷575 mm. Średnicówka mikrometryczna 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.



Rysunek 5. Średnicówka mikrometryczna

Na jednym końcu tulei znajduje się końcówka o powierzchni sferycznej, a na drugim nagwintowany wewnątrz otwór, w którym przesuwają 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 zabezpieczony nakrętką dwie śruby regulacyjne do nastawienia dolnej granicy zakresu pomiarowego. Dla zwiększenia zakresu pomiarowego między tuleją a końcówką stałą wkręca się odpowiedni przedłużacz lub ich zestaw. W skład kompletu wchodzi 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.

Graniczne błędy dopuszczalne MPE w pomiarach średnicówką mikrometryczną

Wymiar [mm]	55÷75	75÷125	125÷175	175÷280
MPE [mm]	±(0,018÷0,02)	±(0,02÷0,025)	±(0,025÷0,03)	±(0,03÷0,035)

Pomiar średnicówką mikrometryczną: Dobrać końcówkę stałą, odpowiednią do wymiaru mierzonego otworu. Rozsunąć końcówki na wymiar nieco mniejszy od średnicy otworu przez pokręcanie bębna mikrometrycznego i wprowadzić średnicówkę do otworu. Zmierzyć otwór. Oś średnicówki w czasie mierzenia powinna być prostopadła do osi otworu i pokrywać się z jego średnicą. Prawidłowe położenie średnicówki osiąga się przez dociśnięcie jedną ręką końcówki stałej do ścianki otworu i wykonywanie lekkich wychyleń w dwu prostopadłych kierunkach, jak na rysunku. Jednocześnie przez odpowiednie obracanie bębna mierniczego należy osiągnąć takie rozstawienie końcówek, aby przy prawidłowym położeniu średnicówki względem osi otworu między powierzchniami mierniczymi a ścianką otworu uzyskać lekkie

zetknięcie (bez luzu). Mierzenia należy dokonać w dwu przekrojach i dwu kierunkach wzajemnie prostopadłych. Po stwierdzeniu prawidłowego ustawienia średnicówki w otworze wyjąć ją, odczytać wskazanie i obliczyć wymiar, dodając do wskazania długość końcówki stałej.

Błędy pomiaru

Błąd pomiaru jest to różnica pomiędzy wynikiem pomiaru, a rzeczywistą wartością mierzonej wielkości. Można określić następujące rodzaje błędów:

- 1) **Grube** - Powstają zwykle na skutek nieuwagi obserwatora lub w wyniku nagłej zmiany warunków pomiaru np. wstrząsy, podmuchy. Błędu grubego nie należy uwzględniać w analizie serii pomiarów. Zazwyczaj jest on usuwany a pomiar uznany za nieprawidłowy.
- 2) **Systematyczne** – to składnik błędu pomiaru, który przy powtarzaniu pomiarów pozostaje stały lub zmienia się w przewidywalny sposób. Wynika on z niedoskonałości przyrządów i metod pomiarowych. Błędy systematyczne należy uwzględniać, wprowadzając korektę do wyniku, którą może być np. poprawka do wyniku pomiaru. Przykładem błędu systematycznego jest np. błąd wskazania przyrządu pomiarowego, który znajduje się na świadectwie wzorcowania.
- 3) **Przypadkowe** - to składnik błędu pomiaru, który w powtarzalnych pomiarach zmienia się w sposób nieprzewidywalny. Wynika z różnych przypadkowych czynników (np. wahania temperatury, ruchu powietrza, w pobliżu przyrządu pomiarowego). Niepowtarzalność wyników pomiaru tej samej wielkości jest efektem błędu przypadkowego (badanie powtarzalności przyrządu pomiarowego).

2. Wyposażenie stanowiska pomiarowego

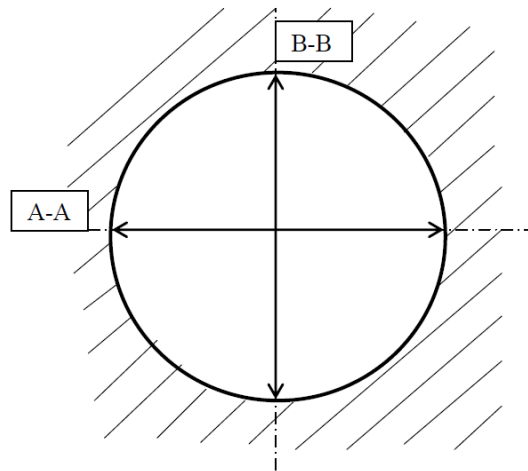
Stanowisko pomiarowe posiada następujące wyposażenie:

- elementy pomiarowe,
- suwmiarka uniwersalna,
- suwmiarka elektroniczna,
- średnicówka mikrometryczna,
- instrukcja szczegółowa do ćwiczeń.

3. Przebieg realizacji ćwiczenia

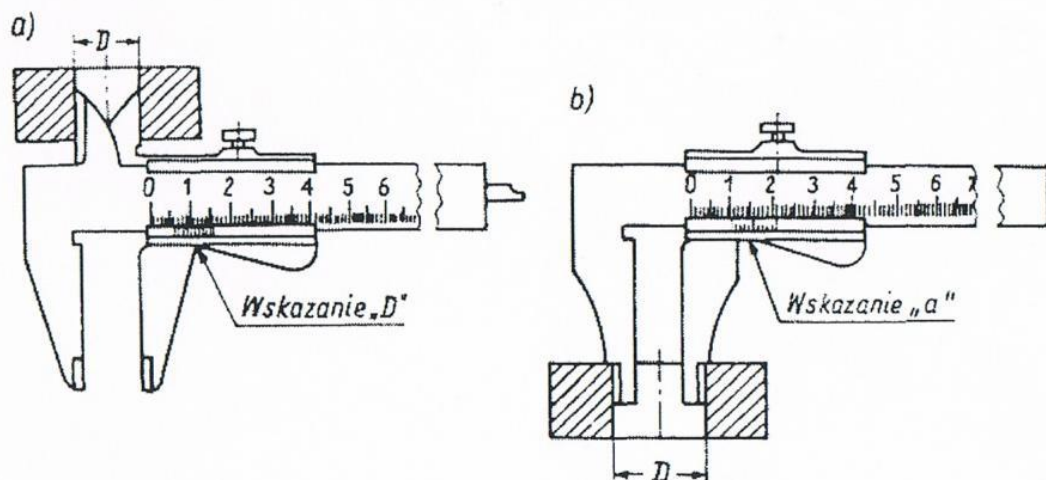
Pomiar średnicy otworu przy użyciu suwmiarki

1. Sprawdzić stan techniczny narzędzia pomiarowego. O ewentualnych usterkach powiadomić prowadzącego zajęcia.
2. Sprawdzić poprawność wskazania „zerowego” suwmiarki.
3. Zmierzyć średnicę otworu w dwóch prostopadłych do siebie płaszczyznach (rysunek 6). Podczas pomiaru średnicy otworu należy w taki sposób przyłożyć szczęki suwmiarki, aby otwór znajdował się między nimi całą średnicą (rysunek 7).



Rysunek 6. Płaszczyzny pomiarowe otworu

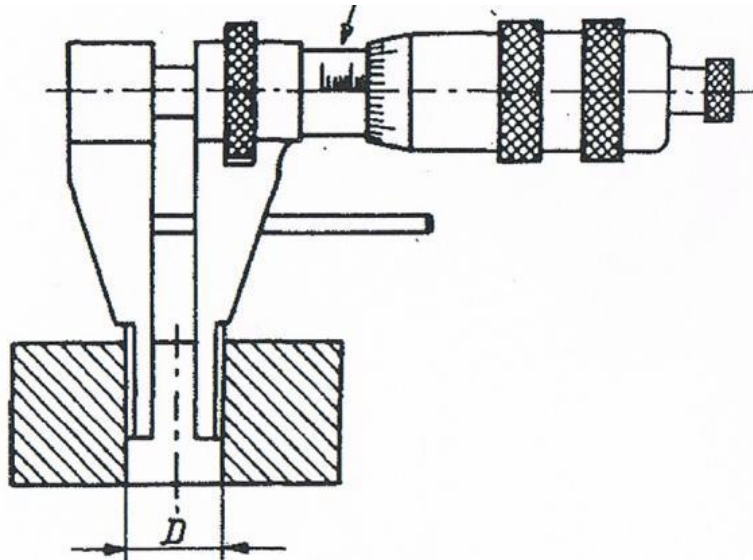
4. Pomiar należy wykonać pięciokrotnie dla każdego przekroju.
5. Wyniki pomiarów zapisać w tabeli 1.



Rysunek 7. Prawidłowy pomiar suwmiarką

Pomiar średnic otworów przy użyciu mikrometru wewnętrznego

1. Sprawdzić stan techniczny narzędzia pomiarowego. O ewentualnych usterkach powiadomić prowadzącego zajęcia.
2. Sprawdzić poprawność wskazania „zerowego” mikrometru na bębnie i podziałce tulei.
3. Zmierzyć średnicę otworu w dwóch prostopadłych do siebie płaszczyznach (rysunek 6) pokręcając pokrętką sprzęgła doprowadzić do zetknięcia powierzchni pomiarowych kowadełka i wrzeciona z wałkiem następnie zacisnąć zacisk wrzeciona i dokonać odczytu wskazań mikrometru (rysunek 8).

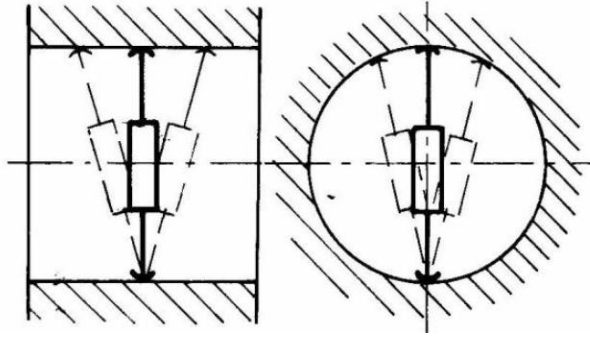


Rysunek 8. Pomiar mikrometrem wewnętrznym

4. Pomiary należy wykonać pięciokrotnie dla każdego przekroju.
5. Wyniki pomiarów zapisać w tabeli 1.

Pomiar średnic otworów przy użyciu średnicówki mikrometrycznej

1. Sprawdzić stan techniczny narzędzia pomiarowego. O ewentualnych usterkach powiadomić prowadzącego zajęcia.
2. Sprawdzić poprawność wskazania „zerowego” mikrometru na bębnie i podziałce tulei.
3. Zmierzyć średnicę otworu w dwóch prostopadłych do siebie płaszczyznach (rysunek 9).



Rysunek 9. Pomiar średnicówką mikrometryczną

Po wykonanych pomiarach należy uporządkować stanowisko pomiarowe!!!

4. Prezentacja wyników obliczeń

Na podstawie danych w tabeli 1. oszacować błąd wielkości mierzonej obliczając odchylenie standardowe. Wyniki odpowiednio zinterpretować.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n}}$$

Gdzie:

x_1, x_2, x_n – wartość zmierzona

\bar{X} – średnia arytmetyczna pomiarów w danej płaszczyźnie

n – liczba pomiarów

5. Sprawozdanie

Sprawozdanie studenckie powinno zawierać:

1. Cel i zakres ćwiczenia laboratoryjnego.
2. Opis stanowiska badawczego.
3. Przebieg realizacji eksperymentu.
4. Zestawienie i analiza wyników badań (tabela 1), tj.:
 - średnia arytmetyczna pomiarów,
 - oszacowany błąd wielkości mierzonej i interpretacja wyników.
5. Rysunek wykonawczy mierzonej części.
6. Wnioski wynikające z przeprowadzonych pomiarów.

Tabela 1. Wyniki pomiarów

		Element I		Element II	
		A-A	B-B	A-A	B-B
SUWMIARKA UNIWERSALNA	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	- X				
	δ				
SUWMIARKA ELEKTRONICZNA	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	- X				
	δ				
ŚREDNICÓWKA MIKROMETRYCZNA	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	- X				
	δ				

6. Pytania kontrolne

1. Wyjaśnij pojęcie pomiar i miara. Wskaż różnicę.
2. Wyjaśnij pojęcie metody pomiarowej oraz omów ich podział.
3. Omów budowę suwmiarki uniwersalnej oraz wyjaśnij zasadę wykonywania pomiaru tym przyrządem.
4. Omów budowę średnicówki mikrometrycznej oraz wyjaśnij zasadę wykonywania pomiaru tym przyrządem.
5. Wyjaśnij istotę błędu pomiarowego oraz wymień i omów rodzaje błędów pomiarowych.

6. Literatura

1. Grudowski P., Meller A.: Laboratorium metrologii warsztatowej i inżynierii jakości. Politechnika Gdańska. Gdańsk 2006.
2. Jakubiec W., Malinowski M.: Metrologia wielkości geometrycznych. WNT Warszawa 2004.
3. Ocheduszko K. : Koła zębate. Tom I konstrukcje. WNT Warszawa 2009.
4. PN-80/M-53130. Przyrządy suwmiarkowe.
5. PN-82/M-53200. Przyrządy mikrometryczne.
6. Praca zbiorowa. *Poradnik metrologa warsztatowca*. Warszawa 1973, WNT
7. Praca zbiorowa pod red. W. Moskala. *Metrologia i Kontrola Techniczna. Ćwiczenia laboratoryjne*. Wydawnictwa Politechniki Białostockiej. Białystok 1981.
8. Praca zbiorowa pod red. E. Ratajczyka. *Laboratorium pomiarów wielkości geometrycznych*. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej. Warszawa 1980.

7. Wymagania BHP

Należy przestrzegać przepisów BHP obowiązujących w Laboratorium na Wydziale Inżynierii Zarządzania Politechniki Białostockiej.