

Laboratorium metrologii

Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych

Temat ćwiczenia: Sprawdzanie narzędzi pomiarowych

Opracowała dr inż. Eliza Jarysz-Kamińska
Szczecin 2016

Spis Treści

Wprowadzenie.....	2
1. Cel ćwiczenia	2
2. Wymagany zakres wiedzy	2
3. Pytania kontrolne.....	5
4. Przebieg ćwiczenia	6
5. Sprawozdanie	13
Literatura.....	14
ZAŁĄCZNIK Nr 1 Charakterystyki metrologiczne dla przyrządów mikrometrycznych....	15

Wprowadzenie

Niniejsze opracowanie powstało jako pomoc do ćwiczeń laboratoryjnych z Miernictwa warsztatowego, Metrologii i systemów pomiarowych, Metrologii oraz Podstaw metrologii realizowanych przez studentów Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT w Szczecinie.

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest utrwalenie wiadomości na temat budowy wykorzystywanych w laboratoriach przyrządów pomiarowych oraz zapoznanie z metodami sprawdzania stosowanymi w trakcie procesów kontrolnych wyposażenia pomiarowego. Zapoznanie się z podstawowymi czynnościami przy sprawdzaniu przyrządów pomiarowych na przykładzie wybranych przyrządów mikrometrycznych, czujników dźwigniowych i **suwmiarek**.

2. Wymagany zakres wiedzy

– Klasyfikacja przyrządów pomiarowych

Klasyfikacja przyrządów mikrometrycznych

Ze względu na rodzaj mierzonego wymiaru rozróżnia się następujące rodzaje przyrządów mikrometrycznych [2], [4]:

1) do pomiaru wymiarów zewnętrznych:

- a) mikrometr do pomiaru wymiarów zewnętrzny z płaskimi powierzchniami pomiarowymi,
- b) mikrometr do pomiaru wymiarów zewnętrzny z płaskimi powierzchniami pomiarowymi z wymiennym kowadłkiem,
- c) mikrometr do pomiaru wymiarów zewnętrzny z kowadłkiem kulistym,
- d) mikrometr do pomiaru wymiarów zewnętrzny z kulistymi powierzchniami pomiarowymi,
- e) przyrząd mikrometryczny do kół zębatych,
- f) przyrząd mikrometryczny do drutu,
- g) przyrząd mikrometryczny do rur,
- h) mikrometry z czujnikiem do szybkiego sprawdzania odchyłek
- i) mikrometr do pomiaru gwintów
- j) mikrometr do pomiaru narzędzi trójstrzowych

2) do pomiaru wymiarów wewnętrznych:

- a) średnicówka mikrometryczna dwupunktowa stała,

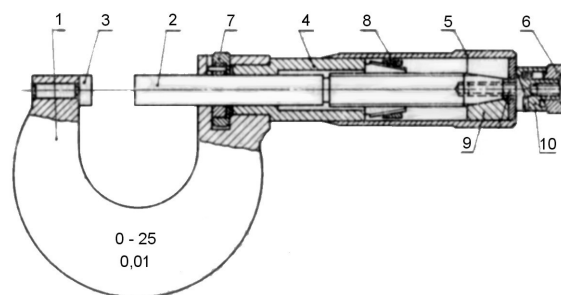
- b) średnicówka mikrometryczna dwupunktowa składana,
 - c) średnicówka mikrometryczna trójpunktowa,
 - d) mikrometry szczękowe o zakresach 5-30 i 30-55 mm.
- 3) do pomiaru wymiarów mieszanych:
- a) głębokościomierz mikrometryczny,
 - b) głębokościomierz mikrometryczny z wymienną końcówką wrzeciona.

Klasyfikacja czujników mechanicznych

Ze względu na rodzaj przekładni zastosowanej w organie przekładniowym rozróżnia się następujące czujniki mechaniczne:

- 1) dźwigniowe,
- 2) zębate,
- 3) dźwigniowo-zębate,
- 4) dźwigniowo-śrubowe,
- 5) sprężynowe.

– Budowa przyrządów mikrometrycznych (Rys. 1)



Rys. 1 Mikrometr do pomiaru wymiarów zewnętrznych z płaskimi powierzchniami pomiarowymi o zakresie pomiarowym $0 \div 25$ mm z odczytem analogowym

gdzie: 1 – kabłąk, 2 – wrzeciono ze śrubą mikrometryczną, 3 – kowadełko, 4 – tuleja z nakrętką mikrometryczną, 5 – bęben, 6 – sprzęgło, 7 – zacisk, 8 – nakrętka do ustawienia luzu między gwintem wrzeciona i tulei, 9 – pierścień rozprężny, 10 – obsada sprzęgła

Klasyfikacja przyrządów suwmiarkowych

- 1) Suwmiarki jednostronne
- 2) Suwmiarki dwustronne
- 3) Suwmiarki dwustronne z głębokościomierzem
- 4) Głębokościomierze suwmiarkowe
- 5) Wysokościomierze suwmiarkowe

– Etapy sprawdzania przyrządów pomiarowych

Sprawdzenie przyrządu mikrometrycznego obejmuje [2], [4]:

1) oględziny zewnętrzne

dla przyrządu mikrometrycznego obejmują:

- czy w komplecie jest wzorzec długości,
- czy są zadry, pęknięcia na powierzchniach pomiarowych,
- czy są rysy, ślady korozji na powierzchniach pomiarowych,

- czy części mikrometru nie wykazują właściwości magnetycznych; części namagnesowane należy odmagnesować,
- poprawność oznaczeń: nazwa i znak wytwórcy, numer identyfikacyjny, zakres pomiarowy, wartość działki elementarnej,
- czy materiał, konstrukcja i wykonanie odpowiadają wymaganiom przepisów metrologicznych o przyrządach mikrometrycznych.

2) sprawdzenie konstrukcji i wykonania [4].

Pod względem materiału, konstrukcji i wykonania przyrządy mikrometryczne (z wyjątkiem przyrządów mikrometrycznych wewnętrznych i średnicówek trójpunktowych) powinny odpowiadać wymaganiom norm:

- 1) PN-80/M-53202 Przyrządy mikrometryczne.
- 2) PN-721M-53200 Przyrządy mikrometryczne. Wymagania.
- 3) PN-761M-53245 Średnicówki mikrometryczne.

Przyrządy mikrometryczne wewnętrzne i średnicówki mikrometryczne trójpunktowe pod względem materiału, konstrukcji i wykonania powinny odpowiadać wymaganiom określonym przez wytwórcę.

Przyrządy mikrometryczne o dolnej granicy zakresu pomiarowego większej niż zero powinny mieć w komplecie wzorce długości o wymiarze równym dolnej granicy zakresu pomiarowego.

Powierzchnie przyrządu mikrometrycznego nie powinny mieć zadur i pęknięć.

Powierzchnie pomiarowe przyrządu mikrometrycznego nie powinny mieć rys i śladów korozji.

Krawędzie i części radełkowane przyrządu mikrometrycznego nie powinny być ostre.

Chropowatość powierzchni pomiarowych przyrządu mikrometrycznego powinna być taka, aby wartość parametru R_a nie przekraczała:

- 1) 0,4 μm - dla powierzchni pomiarowych płaskich,
- 2) 0,8 μm - dla powierzchni pomiarowych kulistych.

Przyrządy mikrometryczne powinny być nie namagnesowane.

3) sprawdzenie charakterystyk metrologicznych.

- Sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych ;
- Sprawdzanie odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych;
- Wyznaczanie zmiany równoległości powierzchni pomiarowych przyrządu mikrometrycznego spowodowanej unieruchomieniem śruby mikrometrycznej;
- Sprawdzanie nacisku pomiarowego;
- Wyznaczanie błędów wskazań.

Warunki sprawdzania

Przyrząd pomiarowy przed sprawdzeniem powinien być dokładnie oczyszczony ze środka konserwującego. Powierzchnie zabrudzone należy starannie przemyć benzyną ekstrakcyjną, toluenem lub innym rozpuszczalnikiem, a następnie wytrzeć do sucha.

Przyrząd pomiarowy powinien być sprawdzany w pomieszczeniach przy temperaturze $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Przyrząd mikrometryczny, suwmiarkowe oraz przyrządy pomiarowe do sprawdzania powinny się znajdować w tej temperaturze przez co najmniej 3 godziny przed rozpoczęciem sprawdzania.

Przed rozpoczęciem sprawdzania czujnik powinien znajdować się w pomieszczeniu pomiarowym przynajmniej przez 6 godzin.

Sprawdzenie stanu ogólnego i poprawności oznaczeń czujnika mechanicznego obejmuje:

- czy czujnik ma trwałe oznaczenie symbolu i numer inwentarzowy oraz podziałkę i ocyfrowanie zgodne z normą,
- czy powierzchnie metalowe nie, mają rdzawych plam, zadr lub pęknięć i czy szyba osłaniająca tarczę nie ma uszkodzeń utrudniających obserwację,
- czy końcówka pomiarowa jest połączona dostatecznie sztywno z trzpieniem czujnika i czy ruch trzpienia w całym zakresie jest poprawny, bez wyczuwalnych luzów i zacięć,
- czy wskazówki w dowolnym ich położeniu nie dotykają tarczy, a koniec dużej wskazówki pokrywa się z krótkimi kreskami podziałki, lecz nic więcej niż na 0,8 ich długości,
- czy koniec dużej wskazówki nie jest oddalony więcej niż 0,5 mm od płaszczyzny podziałki i czy po zwolnieniu trzpienia pomiarowego wskazówka wraca do położenia wyjściowego,
- czy mała wskazówka odmierza pełne obroty wskazówki dużej
- czy urządzenie do nastawienia zerowego działa poprawnie
- czy czujnik nie jest namagnesowany w stopniu powodującym przyciąganie drobnych kawałków żelaza.

3. Pytania kontrolne

- 1) Wymień rodzaje przyrządów mikrometrycznych jakie rozróżnia się ze względu na rodzaj mierzonego wymiaru.
- 2) Wymień jakie grupy czujników mechanicznych rozróżnia się ze względu na rodzaj przekładni zastosowanej w organie przekładniowym.
- 3) Wymień jakie etapy obejmuje sprawdzanie przyrządów pomiarowych mikrometrycznych /suwmiarkowych/czujników.
- 4) Wymień charakterystyki metrologiczne kontrolowane w trakcie sprawdzania przyrządów mikrometrycznych
- 5) Opisz konieczne warunki sprawdzania.

4. Przebieg ćwiczenia

PRZYRZĄDY MIKROMETRYCZNE

- 1) Dokonać oględzin zewnętrznych wybranego przyrządu pomiarowego
- 2) Dokonać sprawdzenia charakterystyk metrologicznych przyrządu mikrometrycznego
– **Sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych**

Odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych należy sprawdzić za pomocą płaskiej płytki interferencyjnej w następujący sposób:

- 1) przyłożyć płaską płytkę interferencyjną do dokładnie oczyszczonej powierzchni pomiarowej tak, aby powstał obraz prążków interferencyjnych; jeśli tworzą one linie:
 - a) otwarte - wyznaczyć liczbę m określającą maksymalne odchylenie prążków interferencyjnych od prostoliniowości, przyjmując za jednostkę tego odchylenia odległość między sąsiednimi prążkami,
 - b) zamknięte - ustalić liczbę m prążków interferencyjnych,
- 2) obliczyć odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych według wzoru:

$$p = m \cdot \frac{\lambda}{2}$$

gdzie: λ - długość fali światła stosowanego do uzyskania interferencji; przy obserwacji w świetle białym $\lambda = 0,6 \mu\text{m}$

- Sprawdzanie odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych

Odchylenie od równoległości powierzchni pomiarowych przyrządu mikrometrycznego należy sprawdzić:

- 1) płasko równoległymi płytkami interferencyjnymi albo
- 2) płasko równoległymi płytkami interferencyjnymi i płytkami wzorcowymi,

Podczas sprawdzania odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych przyrządu mikrometrycznego za pomocą płasko równoległych płytek interferencyjnych, o wymiarach stopniowanych co 1/4 obrotu śruby mikrometrycznej, należy:

- 1) zaciśnąć za pomocą sprzęgła przyrządu mikrometrycznego jedną z płytek interferencyjnych pomiędzy powierzchniami pomiarowymi,
- 2) delikatnie przesunąć lub pochylić zaciśniętą płytkę, tak aby uzyskać na jednej z powierzchni pomiarowych możliwie małą liczbę prążków,
- 3) policzyć prążki na drugiej powierzchni pomiarowej,
- 4) obliczyć odchylenie od równoległości r dla położenia powierzchni pomiarowej odpowiadającego obrotowi o 1/4 śruby mikrometrycznej według wzoru:

$$r = (m_1 + m_2) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

gdzie: m_1, m_2 - liczby prążków na powierzchniach pomiarowych,

- 5) zaciskać kolejno trzy pozostałe płytki i powtórzyć czynności wymienione w pkt 1- 4.

Jako odchylenie od równoległości przyjmuje się największą wartość liczby r otrzymaną przy jednym z czterech położenia powierzchni pomiarowych.

Podczas sprawdzania odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych przyrządu mikrometrycznego za pomocą płasko równoległych płytek interferencyjnych i płytek wzorcowych należy:

- 1) przywrzeć po jednej płasko równoległej płytce interferencyjnej do przeciwległych powierzchni pomiarowych płytki wzorcowej, tworząc zestaw płytek,
- 2) zacisnąć za pomocą sprzęgła mikrometru komplet płytek pomiędzy powierzchniami pomiarowymi,
- 3) delikatnie przesunąć lub pochylić zaciśniętą płytkę, tak aby uzyskać na jednej z powierzchni pomiarowych możliwie małą liczbę prążków,
- 4) policzyć prążki na drugiej powierzchni pomiarowej,
- 5) obliczyć odchylenie od równoległości r dla położenia powierzchni pomiarowej odpowiadającego obrotowi o $1/4$ śruby mikrometrycznej według wzoru:

$$r = (m_1 + m_2) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

gdzie: m_1, m_2 - liczby prążków na powierzchniach pomiarowych,

- 6) wykonać czynności opisane w pkt 1-5, zmieniając jedną z płasko równoległych płytek interferencyjnych na kolejną z kompletu.

Jako odchylenie od równoległości przyjmuje się największą wartość liczby r otrzymaną przy jednym z czterech położen powierzchni pomiarowych.

– **Wyznaczanie zmiany równoległości powierzchni pomiarowych przyrządu mikrometrycznego spowodowanej unieruchomieniem śruby mikrometrycznej**

Zmianę równoległości powierzchni pomiarowych przyrządu mikrometrycznego spowodowaną unieruchomieniem śruby mikrometrycznej sprawdza się płasko równoległą płytką interferencyjną.

Podczas sprawdzania równoległości powierzchni pomiarowych przyrządu mikrometrycznego sprawdzanej za pomocą płytek interferencyjnych należy:

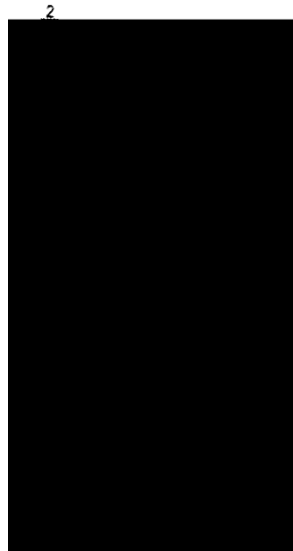
- 1) zacisnąć za pomocą sprzęgła przyrządu mikrometrycznego jedną z płytek interferencyjnych pomiędzy powierzchniami pomiarowymi,
- 2) delikatnie przesunąć lub pochylić zaciśniętą płytkę, tak aby uzyskać na jednej z powierzchni pomiarowych możliwie małą liczbę prążków,
- 3) policzyć prążki na drugiej powierzchni pomiarowej,
- 4) unieruchomić zaciskiem śrubę mikrometryczną,
- 5) policzyć liczbę prążków.

Jako zmianę równoległości powierzchni pomiarowych przyrządu mikrometrycznego spowodowaną unieruchomieniem śruby mikrometrycznej przyjmuje się różnicę między sumą prążków otrzymaną (na dwóch powierzchniach pomiarowych) przy zwolnionym zacisku a sumą prążków otrzymaną po zaciśnięciu śruby mikrometrycznej, wyrażoną w μm .

– **Sprawdzanie nacisku pomiarowego**

Nacisk pomiarowy przyrządu mikrometrycznego należy sprawdzać w następujący sposób:

- 1) zamocować w statywie przyrządu mikrometrycznego w położeniu pionowym, jak przedstawiono na rysunku Rys. 2:



Rys. 2 Sposób montażu w statywie przyrządu mikrometrycznego w położeniu pionowym

gdzie: 1 – badany przyrząd mikrometryczny, 2 - statyw, 3 - odważnik, 4 - urządzenie do obciążania mikrometru, 5 - sprzęgło mikrometru.

- 2) Obciążać śrubę mikrometryczną odważnikami; urządzenie do obciążania śruby mikrometrycznej powinno mieć trwale oznaczenie swej masy na szalce.
- 3) Po każdym obciążeniu pokręcać sprzęgłem przyrządu mikrometrycznego.
- 4) Jako nacisk pomiarowy przyjmuje się obciążenie graniczne, przy którym sprzęgło nie jest w stanie obrócić śruby mikrometrycznej.
- 5) Nacisk pomiarowy przyrządu mikrometrycznego powinien być sprawdzany w co najmniej dwóch punktach zakresu pomiarowego.

– **Wyznaczanie błędów wskazań przyrządu mikrometrycznego**

Błąd wskazania dolnej granicy zakresu pomiarowego f_A przyrządu mikrometrycznego równej zera należy wyznaczyć stykając bezpośrednio powierzchnie pomiarowe.

Błąd wskazania dolnej granicy zakresu pomiarowego f_A przyrządu mikrometrycznego większej od zera należy wyznaczyć używając płytki wzorcowej o długości nominalnej równej wartości dolnej granicy zakresu pomiarowego.

Jako błąd wskazania dolnej granicy zakresu pomiarowego przyjmuje się różnicę między wskazaniem przyrządu mikrometrycznego a wartością nominalną dolnej granicy zakresu pomiarowego.

Błędy wskazań w innych punktach zakresu pomiarowego przyrządu mikrometrycznego należy wyznaczyć dokonując nim pomiarów stosów płytek wzorcowych.

Sprawdzenia należy dokonać w kilku punktach zakresu pomiarowego przyrządu mikrometrycznego stopniowanych co 1/4 obrotu śruby mikrometrycznej

np. $A+5,12$ mm,

$A+10,25$ mm,

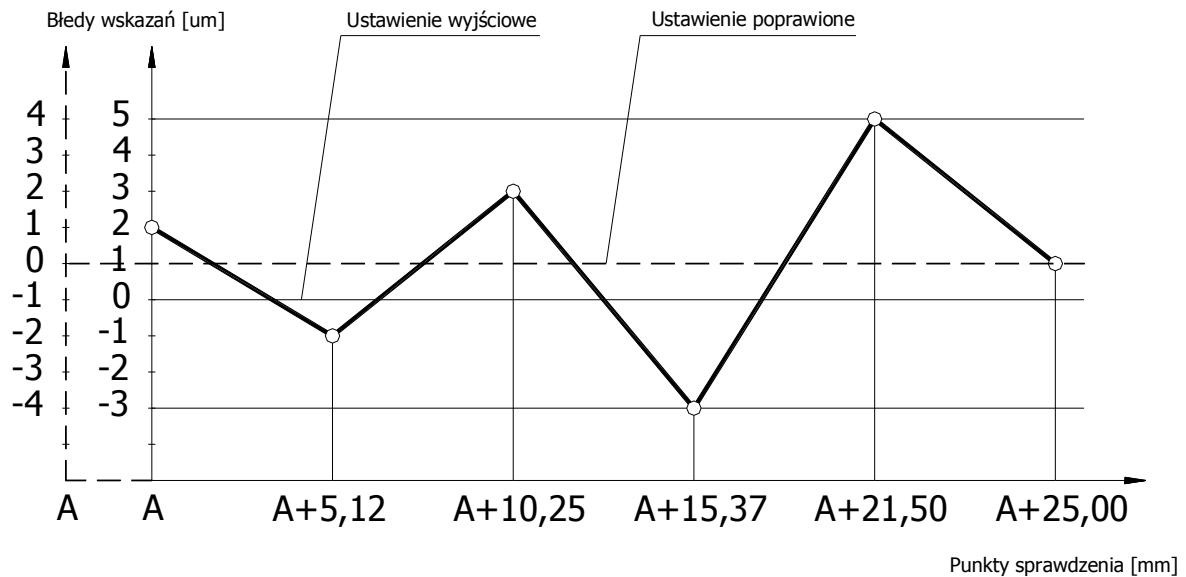
$A+15,37$ mm,

$A+21,50$ mm;

$A+25,00$ mm ,

gdzie A - wartość dolnej granicy zakresu pomiarowego).

Jako błąd wskazania przyjmuje się różnicę między wskazaniem przyrządu mikrometrycznego a długością nominalną mierzonego stosu płytek wzorcowych. Na podstawie wznaczonych błędów wskazań należy sporządzić krzywa błędów



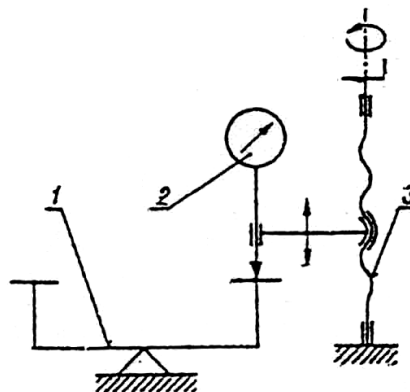
Rys. 3 Krzywą błędów sprawdzanego przyrządu mikrometrycznego

CZUJNIKI MECHANICZNE

Dokonać sprawdzenia charakterystyk metrologicznych czujnika mechanicznego

- Wyznaczenie nacisku pomiarowego oraz jego zmienności

Nacisk pomiarowy czujnika należy wyznaczyć za pomocą wagi uchyłnej oraz specjalnego statywu z ramieniem przesuwным. Sposób wzajemnego ustawienia wagi statywu przedstawia Rys. 4



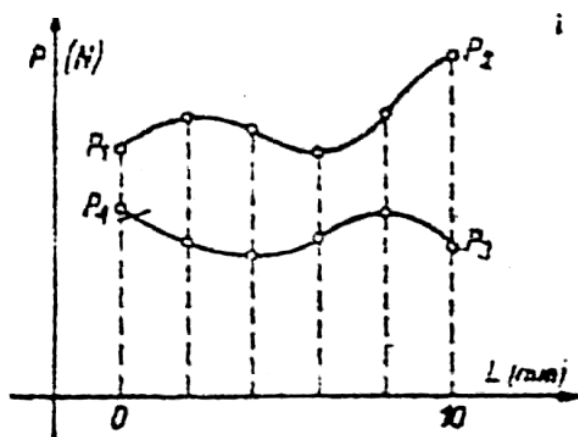
Rys. 4 Schemat wzajemnego ustawienia wagi statywu

Rys.10: 1 – waga uchylna; 2 – czujnik sprawdzany; 3 – statyw z ramieniem przesuwным

Przed rozpoczęciem sprawdzenia czujnik powinien być tak nastawiony, aby duża wskazówka znajdowała się przynajmniej o kilka działek elementarnych przed wskazaniem zerowym przy swobodnym położeniu trzpienia pomiarowego. Końcówkę pomiarową czujnika zamocowanego w statywie należy zetknąć z górną powierzchnią szalki wagi a następnie opuszczać płynnie czujnik tak długo, aż jego wskazówka zajmie położenie zerowe.

Odczytane na podziałce wagi wskazanie jest wartością wstępnego nacisku pomiarowego P_1 (Rys. 5) czujnika. Opuszczając nadal czujnik należy odczytać na podziałce wagi wskazania odpowiadające kilku punktom zakresu pomiarowego czujnika, np. co 2 mm aż do nacisku P_2 odpowiadającemu końcowemu punktowi zakresu pomiarowego. Następnie, podnosząc czujnik należy zaobserwować początek powrotnego ruchu trzpienia i odczytać na podziałce wagi wskazanie nacisku pomiarowego odpowiadające temu punktowi.

W trakcie dalszego podnoszenia czujnika należy wyznaczyć, tak jak i poprzednio, wartości nacisku pomiarowego w kilku punktach zakresu pomiarowego czujnika, oraz wartość tego nacisku przy wskazaniu zerowym.



Rys. 5 Wykres histerezy nacisku pomiarowego

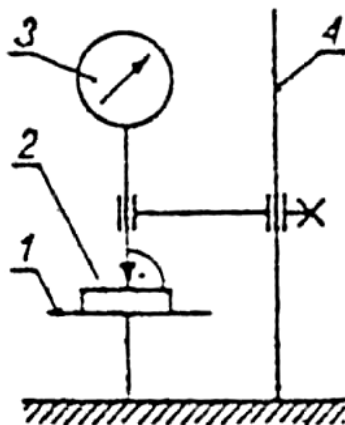
Jako wartość nacisku pomiarowego przyjmuje się największą ze znalezionych wartości nacisku przy przesuwaniu trzpienia w obydwu kierunkach. Jako wartość zmiany nacisku pomiarowego przyjmuje się różnicę pomiędzy największą a najmniejszą ze znalezionych wartości tego nacisku przy przesuwaniu trzpienia w obydwu kierunkach.

Nacisk pomiarowy oraz jego zmienność można również sprawdzić za pomocą odpowiednio do tego celu przystosowanego dynamometru. Dobór punktów pomiaru oraz sposób wyznaczania wartości nacisku pomiarowego i jego zmienności jest podobny jak w przypadku zastosowania wagi uchylnej.

- Wyznaczanie zmiany wskazań wywołanej naciskiem bocznym czujnika

Zmianę wskazań wywołaną naciskiem bocznym na końcówkę pomiarową stanowi największa różnica wskazań przy kilkakrotnym przesuwaniu płytki wzorcowej pod końcówką pomiarową w różnych kierunkach.

W celu wyznaczenia tej różnicy czujnik należy zamocować sztywno w statywie tak aby trzpień pomiarowy był prostopadły do powierzchni stolika, po której przesuwana jest płytka wzorcowa (Rys. 6). Płytkę wzorcową należy przesuwać, powoli i ostrożnie, tak aby nie powodować unoszenia płytki.



Rys. 6 Wyznaczanie zmiany wskazań wywołanej naciskiem bocznym, gdzie: 1 – stolik pomiarowy; 2 – płytki wzorcowa; 3 – czujnik sprawdzany

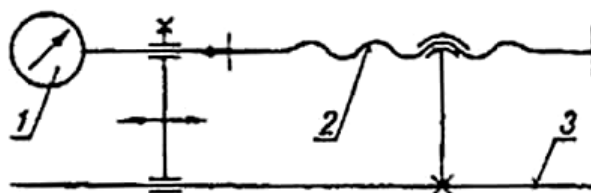
- Wyznaczanie zakresu rozrzutu wskazań

Zakres rozrzutu wskazań czujnika w danym punkcie zakresu pomiarowego stanowi różnica między największym a najmniejszym wskazaniem czujnika po kilkakrotnym doprowadzaniu jego końcówki pomiarowej do powierzchni nieruchomej płytki wzorcowej. Podczas pomiarów czujnik powinien być sztywno zamocowany w statywie (Rys. 6). Zakres rozrzutu wskazań należy wyznaczyć w kilku punktach (3 do 5) zakresu pomiarowego. Jako zakres rozrzutu wskazań czujnika w całym zakresie należy przyjąć największą z otrzymanych różnic w poszczególnych punktach.

Zakres rozrzutu wskazań czujnika można również wyznaczyć za pomocą śruby mikrometrycznej zamocowanej wraz z czujnikiem w przyrządzie z uchwytami (Rys. 7).

- Wyznaczanie błędów wskazań

Błędy wskazań czujnika należy wyznaczyć za pomocą śruby mikrometrycznej zamocowanej wraz z czujnikiem w przyrządzie z uchwytami (Rys. 7).



Rys. 7 Wyznaczanie błędów wskazań histerezy pomiarowej:

gdzie: 1 – czujnik sprawdzany; 2 – głowica mikrometryczna; 3 – przyrząd z uchwytami

Głowicę mikrometryczną należy tak ustawić, aby jej wskazanie zerowe wyrażało się liczbą całkowitą np. 10,000 mm i aby możliwe było sprawdzenie czujnika w całym zakresie pomiarowym. Przesuwając czujnik w przyrządzie należy doprowadzić do zetknięcia jego końcówki z wrzecionem głowicy i zamocować go tak, aby duża wskazówka zajęła położenie zerowe.

Stołość tego położenia sprawdza się przez kilkakrotne zwolnienie trzpienia pomiarowego za pomocą pokręcania śruby mikrometrycznej i każdorazowego doprowadzenia jej do wskazania początkowego.

Następnie, obracając bęben głowicy mikrometrycznej, co 0,1 mm, odnotowuje się znalezione błędy wskazań z uwzględnieniem ich znaków, począwszy od wskazania zerowego, aż do końca zakresu pomiarowego czujnika (kierunek wskazań — wzrastający). Po przekroczeniu górnej granicy zakresu pomiarowego o kilka działek elementarnych, należy zmienić kierunek obrotu bębna śruby mikrometrycznej i odnotować ponownie błędy wskazań czujnika, z uwzględnieniem ich znaków, w tych samych punktach pomiarowych, co poprzednio, lecz w odwrotnej kolejności (kierunek wskazań - malejący).

W celu wyeliminowania wpływu histerezy śruby mikrometrycznej (luzu zwrotnego) na wynik pomiaru, należy w danej serii pomiarów obracać śrubę mikrometryczną tak, aby doprowadzić ją do danego wskazania zawsze z tego samego kierunku.

Jako błąd wskazań czujnika w całym jego zakresie pomiarowym przyjmuje się różnicę algebraiczną pomiędzy największą a najmniejszą wartością błędów wskazań znalezionych dla obydwu kierunków wskazań (wzrastających i malejących).

Dla lepszej oceny czujnika należy również wyznaczyć jego błędy wskazań w zakresie 2.0, 0.5 i 0.1 obrotu wskazówki. W tym celu korzystając z wyników umieszczonych w karcie sprawdzenia, należy sporządzić wykres błędów wskazań (zaleca się na papierze milimetrowym), odkładając na osi odciętych zakres pomiarowy w milimetrach a na osi rzędnych znalezione błędy wskazań w mikrometrach.

Przy znalezieniu zakresów o największych błędach wskazań należy określić liczbowe wartości tych błędów.

- Wyznaczanie histerezy pomiarowej

Histerezę pomiarową czujnika należy wyznaczyć bezpośrednio z wykresu błędów wskazań jako największą różnicę wskazań czujnika w tym samym punkcie pomiarowym dla wskazań wzrastających i malejących.

SUWMIARKI

Dokonać sprawdzenia suwmiarki wg kolejności:

- 1) stan ogólny suwmiarki przez oględziny zewnętrzne
- 2) chropowatość powierzchni i krawędzi pomiarowych

Chropowatość powierzchni i krawędzi pomiarowych oraz powierzchni roboczych prowadnicy określa się przez wzrokowe ich porównanie z użytkowymi wzorcami chropowatości, posługując się lupą

Wymagania chropowatości:

- dla powierzchni pomiarowych szczęk do pomiaru wymiarów zewnętrznych wynoszą $Ra=0,16 \mu m$
- dla powierzchni pomiarowych szczęk do pomiaru wymiarów wewnętrznych i powierzchni prowadnicy wynoszą $Ra=0,36 \mu m$

- 3) płaskość powierzchni pomiarowych oraz ich prostoliniowość

Płaskości płaskich powierzchni pomiarowych szczęk oraz powierzchni czołowych prowadnicy sprawdza się za pomocą liniału krawędziowego klasy **0** przez obserwację szczeliny w świetle przechodzącym. Do sprawdzania prostoliniowości krawędzi pomiarowych szczęk wewnętrznych należy użyć płytki wzorcowej o wymiarze nominalnym około 12 mm. Błędy prostoliniowości określa się oceniając wymiary szczelin świetlnych i porównując je ze szczelinami wzorcowym.

- 4) przyleganie płaskich powierzchni pomiarowych szczęk po doprowadzeniu ich do zetknięcia

Przyleganie płaskich powierzchni pomiarowych szczęk płaskich lub płasko-walcowych sprawdza się po doprowadzeniu tych powierzchni do zetknięcia się. Dla suwmiarek nowych

między tymi powierzchniami nie powinno być widocznej szczeliny świetlnej zarówno przy unieruchomionym, jak i przy zwolnionym suwaku. Dla suwmiarek używanych dopuszcza się szczeliny świetlne o następujących szerokościach

- 10 μm w suwmiarce z noniuszem 0,05 mm,
- 15 μm w suwmiarce z noniuszem 0,10 mm.

5) równoległość powierzchni i krawędzi pomiarowych

Równoległość płaskich powierzchni pomiarowych do pomiaru wymiarów zewnętrznych sprawdza się w kilku położeniach suwaka w całym zakresie pomiarowym podziałki. Jako błąd równoległości przyjmuje się wartość największej ze zmierzonych odchyłek od równoległości w badanych położeniach suwaka. Pomiar równoległości płaskich powierzchni wewnętrznych szczęk zewnętrznych może być dokonany za pomocą płytek wzorcowych klasy 1. Równoległość krawędzi pomiarowych szczęk wewnętrznych sprawdza się w jednym położeniu suwaka za pomocą mikrometru zewnętrznego po uprzednim umieszczeniu płytki wzorcowej między powierzchniami szczęk zewnętrznych. Równoległość powierzchni lub krawędzi pomiarowych należy sprawdzić zarówno po unieruchomieniu, jak i po zwolnieniu suwaka z noniuszem.

6) łączną grubość pomiarową szczęk płasko-walcowych, promień ich zaokrąglenia

7) dokładność wskazań

Sprawdzanie dokładności wskazań suwmiarki polega na określeniu błędu wskazania zerowego oraz błędów wskazań z użyciem szczęk zewnętrznych, wewnętrznych i wysuwki głębokościomierza.

- Przy określaniu błędu wskazania zerowego należy doprowadzić powierzchnie pomiarowe szczęk płaskich do zetknięcia ze sobą i sprawdzić czy, kreska zerowa noniusza znajduje się na przedłużeniu zerowego wskazania podziałki prowadnicy.
- Błędy wskazań suwmiarki przy pomiarach zewnętrznych określa się za pomocą płytek wzorcowych. Błąd wskazania stanowi różnicę między odczytaniem wskazania za pomocą noniusza i wartością nominalną płytki wzorcowej.

Dla suwmiarek o zakresie pomiarowym do 250 mm zaleca się sprawdzanie błędu wskazań w trzech punktach w równomiernie rozłożonych od siebie odległościach. Sprawdzanie powinno się odbywać zarówno przy unieruchomionym, jak i przy zwolnionym suwaku .

- Błędy suwmiarki przy pomiarach wymiarów wewnętrznych, wykonywanych z użyciem szczęk walcowych i krawędziowych, sprawdza się analogicznie jak przy wymiarach zewnętrznych. Sprawdzanie można wykonać za pomocą mikrometru.
- Błędy wskazań suwmiarki przy pomiarach wykonywanych z użyciem wysuwki głębokościomierza należy sprawdzać za pomocą odpowiednich par płytek wzorcowych o tych samych wymiarach nominalnych , ustawionych na stalowej płycie pomiarowej.

5. Sprawozdanie

Sprawozdanie oprócz ogólnych wymagań wg [3] powinno zawierać: opis oględzin zewnętrznych przeprowadzonych dla wskazanych przez prowadzącego zajęcia przyrządów pomiarowych, opis sprawdzanych charakterystyk metrologicznych i odniesienie uzyskanych wyników do wartości dopuszczalnych (np. Załącznik nr 1). Sklasyfikowanie sprawdzanego

przyrządu pomiarowego do odpowiedniej klasy dokładności zgodnie z wymaganiami odpowiedniej normy (np. Załącznik nr 2 Tabela 1).

Literatura

- [1] Humienny Z., Osanna P.H., Tamre M., Weckenmann A., Jakubiec W.: *Specyfikacje geometrii wyrobów. Podręcznik europejski*, Warszawa, WNT 2004.
- [2] Jakubiec W., Malinowski J.: *Metrologia wielkości geometrycznych*, WNT, Warszawa 2004.
- [3] Majda P.: *Laboratorium metrologii ITM ZUT, Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych, Temat: Ogólna instrukcja sporządzania sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych*, Szczecin 2010.
- [4] Załącznik do Rozporządzenia nr 60 Prezesa Głównego urzędu miar z dnia 8 maja 1996 r. (poz.67) Przepisy metrologiczne w przyrządach mikrometrycznych
- [5] Dziennik Normalizacji i miar 1981/16 - Instrukcja Polskiego Komitetu Normalizacji, Miar i Jakości o sprawdzaniu suwmiarek o zakresie pomiarowym do 1000mm z noniusem 0,05mm i 0,1mm.
- [6] PN 68/M53260. Czujniki zębate zegarowe
- [7] PN 80/M53130. Przyrządy suwmiarkowe
- [8] PN 80/M53202. Przyrządy mikrometryczne

ZAŁĄCZNIK Nr 1 Charakterystyki metrologiczne dla przyrządów mikrometrycznych

Nacisk pomiarowy przyrządu mikrometrycznego nie powinien przekraczać granic ($3 \div 10$) N.

Dopuszczalne odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych płaskich przyrządu mikrometrycznego podano w Tabeli 1

Tabela 1. Dopuszczalne odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych płaskich przyrządu mikrometrycznego

Przyrząd	Dopuszczalne odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych μm
Przyrząd mikrometryczny i głowica mikrometryczna	0,9
Głębokościomierz	1,8

Odchylenie od płaskości na obrzeżu powierzchni pomiarowej o szerokości 0,3 mm może przekraczać w głąb materiału wartości podane w Tabeli 1.

Dopuszczalne odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych płaskich przyrządu mikrometrycznego podano w Tabeli 2:

Tabela 2. Dopuszczalne odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych płaskich przyrządu mikrometrycznego

Zakres pomiarowy		Dopuszczalne odchylenie od równoległości μm	Zakres pomiarowy		Dopuszczalne odchylenie od równoległości μm
Dolna granica	Górna granica		Dolna granica	Górna granica	
mm		μm	mm		μm
0	25	2	500	525	12
25	50	2	525	550	12
50	75	3	550	575	12
75	100	3	575	600	12
100	125	4	600	625	14
125	150	4	625	650	14
150	175	5	650	675	14
175	200	5	675	700	14
200	225	6	700	725	16
225	250	6	725	750	16
250	275	7	750	775	16
275	300	7	775	800	16
300	325	8	800	825	18
325	350	8	825	850	18
350	375	9	850	875	18
375	400	9	875	900	18
400	425	10	900	925	20
425	450	10	925	950	20
450	475	11	950	975	20
475	500	II	975	1000	20

Dopuszczalne odchylenia od równoległości są określone z uwzględnieniem wartości nacisku pomiarowego w granicach $3 \div 10$ N

Dla przyrządu mikrometrycznego z wymiennymi końcówkami odchylenie od równoległości określa się dla każdego elementu wymiennego.

Odchylenia od równoległości nie określa się dla głębokościomierzy z wymienną końcówką wrzeciona.

Zmiana równoległości powierzchni pomiarowych spowodowana unieruchomieniem śruby mikrometrycznej nie powinna przekraczać 2 μm .

Dopuszczalne różnice wskazań spowodowane odkształceniem przyrządu mikrometrycznego na skutek działania siły 10 N podane są w Tabeli 3:

Tabela 3 Dopuszczalne różnice wskazań spowodowane odkształceniem przyrządu mikrometrycznego na skutek działania siły 10 N

Zakres pomiarowy		Dopuszczalna różnica	Zakres pomiarowy		Dopuszczalna różnica
Dolna granica	Górna granica	wskazań	Dolna granica	Górna granica	wskazań
mm		μm	mm		μm
0	25	2	500	525	18
25	50	2	525	550	18
50	75	3	550	575	18
75	100	3	575	600	18
100	125	4	600	625	21
125	150	5	625	650	21
150	175	6	650	675	21
175	200	6	675	700	21
200	225	7	700	725	24
225	250	8	725	750	24
250	275	8	750	775	24
275	300	9	775	800	24
300	325	10	800	825	27
325	350	10	825	850	27
350	375	11	850	875	27
375	400	12	875	900	27
400	425	12	900	925	30
425	450	13	925	950	30
450	475	14	950	975	30
475	500	15	975	1000	30

Błędy wskazań f_i i błędy dolnej granicy zakresu pomiarowego f_A przyrządu mikrometrycznego bez końcówek wymiennych (z wyjątkiem przyrządów mikrometrycznych wewnętrznych i średnicówek mikrometrycznych trójpunktowych) nie powinny przekraczać granic błędów dopuszczalnych podanych w Tabeli 4:

Tabela 4 Błędy wskazań f_i i błędy dolnej granicy zakresu pomiarowego f_A przyrządu mikrometrycznego bez końcówek wymiennych

Zakres pomiarowy		Granice błędów dopuszczalnych		Zakres pomiarowy		Granice błędów dopuszczalnych	
Dolna granica	Górna granica	f_i	f_A	Dolna granica	Górna granica	f_i	f_A
mm		μm		mm		μm	
0	25	± 4	2	500	525	± 14	-
25	50	± 4	2	525	550	± 14	-
50	75	± 5	3	550	575	± 14	-
75	100	± 5	3	575	600	± 14	-
100	125	± 6	4	600	625	± 16	-
125	150	± 6	4	625	650	± 16	-
150	175	± 7	5	650	675	± 16	-
175	200	± 7	5	675	700	± 16	-
200	225	± 8	6	700	725	± 18	-
225	250	± 8	6	725	750	± 18	-
250	275	± 9	7	750	775	± 18	-
275	300	± 9	7	775	800	± 18	-
300	325	± 10	8	800	825	± 20	-
325	350	± 10	8	825	850	± 20	-
350	375	± 11	9	850	875	± 20	-
375	400	± 11	9	875	900	± 20	-

400	425	± 12	10	900	925	± 22	-
425	450	± 12	10	925	950	± 22	-
450	475	± 13	11	950	975	± 22	-
475	500	± 13	11	975	1000	± 22	-
Granice błędów dopuszczalnych są określone z uwzględnieniem wartości nacisku pomiarowego podanego w granicach $3 \div 10$ N							

Dla przyrządów mikrometrycznych z wymiennymi końcówkami jako dolną granicę zakresu pomiarowego przyjmuje się najmniejszy wymiar mierzony przy danej końcówce, a błędy f_i określa się dla każdej końcówki wymiennej.

Dla głowic mikrometrycznych nie określa się błędów f_A .

Błędy wskazań f_i , i błędy wskazań dolnej granicy zakresu pomiarowego f_A mikrometru wewnętrznego nie powinny przekraczać granic błędów dopuszczalnych podanych w Tabeli 5.

Tabela 5. Błędy wskazań f_i , i błędy wskazań dolnej granicy zakresu pomiarowego f_A przyrządu mikrometrycznego wewnętrznego

Zakres pomiarowy		Granice błędów dopuszczalnych	
Dolna granica	Górna granica	f_i	f_A
mm		μm	
5	30	± 5	± 3
25	50	± 8	± 6
50	75	± 8	± 6
75	100	± 8	± 6
100	125	± 9	± 7
125	150	± 9	± 7

Błędy wskazań średnicówek trójpunktowych nie powinny przekraczać granic błędów dopuszczalnych podanych w Tabeli 6.

Tabela 6. Błędy wskazań średnicówek trójpunktowych

Zakres pomiarowy	Granice błędów dopuszczalnych
mm	μm
do 30	± 4
do 100	± 6
powyżej 100	± 8

ZAŁĄCZNIK Nr 2

Tabela.1 Dopuszczalne błędy wskazań

Klasa dokładności	Dopuszczalne błędy wskazań				
	Dla przedziału zakresu pomiarowego			Dla całego zakresu pomiarowego	Powtarzalność
	0,1 mm	0,5 mm	2 mm		
	μm				
I	5	10	15	20	3
II	8	15	20	30	5

Dopuszczalne błędy wskazań w przedziale 0,1; 0,5 i 2 mm dotyczą każdego punktu zakresu pomiarowego