

Vc. Mikrometry

Podstawową dokładnością w budowie maszyn jest 0,01 milimetra (10 μm). Pomiary z tą dokładnością realizowane są przy pomocy przyrządów mikrometrycznych. Służą one do pomiarów zewnętrznych, tj. wałków, gwintów, kół zębatych, blach itp. Mikrometry mają bardzo szerokie zastosowanie w budowie maszyn. Wykazują się łatwą obsługą i pewnością wskazań.

1. Rodzaje mikrometrów

Typy mikrometrów i ich wykonanie opisuje norma PN-80/M-53202 „Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne”. Wyróżnia ona następujące rodzaje:

- głowice mikrometryczne MMSg,
- mikrometry zewnętrzne z powierzchniami pomiarowymi płaskimi MMZb, o stałym zakresie pomiarowym,
- mikrometry zewnętrzne z powierzchniami pomiarowymi płaskimi, z wymiennym kowadełkiem MMZh, nastawne tj. o zmiennym zakresie pomiarowym,
- mikrometry zewnętrzne z kowadełkiem kulistym MMZd,
- mikrometry zewnętrzne z powierzchniami pomiarowymi kulistymi MMZe,
- mikrometry do kół zębatych MMSw,
- mikrometry do drutu MMSx,
- mikrometry do rur MMSb,
- głębokościomierze mikrometryczne MMSd,
- głębokościomierze mikrometryczne z wymienną końcówką wrzeciona MMSe.

Przykładowe typy mikrometrów przedstawia rysunek 1.

a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)



i)



j) I



j) II



k)



Rys. 1. Wybrane typy mikrometrów:

- a) mikrometr zewnętrzny z powierzchniami pomiarowymi płaskimi MM
- b) mikrometr zewnętrzny z końcówkami o zmniejszonej średnicy MMZf,

- c) mikrometr do gwintów MMGe wraz ze wzorcem nastawczym MMGp,
- d) mikrometr do rur MMSb,
- e) mikrometr tarczowy do blach MMSu,
- f) mikrometr talerzykowy do kół zębatach MMSw,
- g) mikrometr do drutu MMSx,
- h) mikrometr wewnętrzny szczękowy jednostronny do otworów MMWd,
- i) mikrometr zewnętrzny z wymiennymi kowadełkami MMZh,
- j) głowica mikrometryczna MMSg, I – dokładność 0,01mm, II – dokładność 0,001mm,
- k) głębokościomierz mikrometryczny MMSe z wymiennymi końcówkami.

Ad. a) Najczęściej używany mikrometr o bardzo uniwersalnym zastosowaniu. Opisany jest szczegółowo w pkt. 3.

Ad. b) Stosowany do pomiaru drobnych detali, a w szczególności rowków, podcięć itp.

Ad. c) Specjalne zestawy wymiennych, pryzmatycznych końcówek pozwalają na łatwy pomiar średnicy podziałowej gwintu.

Ad. d) Kowadełko w kształcie kuli wsuwane jest do wnętrza rury, a wrzeczono zaciska się na jej średnicy zewnętrznej. Kuliste kowadełko pozwala uniknąć błędu niepełnego dolegania, jaki powstałby przy pomiarze rur mikrometrem z powierzchniami pomiarowymi płaskimi. Oczywiście oprócz rur mikrometr ten nadaje się również do pomiaru innych wklęsłych kształtów.

Ad. e) Specjalnie wydłużony kabłąk pozwala na pomiar grubości blachy nieco głębiej od krawędzi. Obecnie są zastępowane przez grubościomierze ultradźwiękowe.

Ad. f) Służy głównie do pomiaru średnicy podziałowej i pomiaru przez n zębów kół zębatach.

Ad. g) Jego konstrukcja ułatwia szybkie i pewne objęcie średnicy mierzonego drutu.

Ad. h) Mikrometr ten zastępuje średnicówkę, oczywiście tylko przy pomiarze otworów płytkich do 5 mm. Produkowane są na zakresy pomiarowe 5 do 30 mm i 30 do 55 mm. Opisuje je norma PN-65/M-53247 „Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe jednostronne” i PN-64/M-53248 „Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe dwustronne”.

Ad. i) Mikrometry z wymiennymi kowadełkami budowane są na duże średnice, powyżej 200 mm. W związku z tym, mają bardzo duże kabłąki. Dla lepszego wykorzystania tej cechy, przy jednocześnie małym, bo 25 mm skoku śruby mikrometrycznej, zaopatrzone są w zestaw trzpieni-kowadełek pozwalających na ustawianie dowolnego zakresu pomiarowego, oczywiście w zakresie możliwości kabłąka. Dokładniejszy opis znajduje się w pkt. 4.

Ad. j) Głowica mikrometryczna może mieć różne zastosowania, ale pod warunkiem, że zostanie gdzieś zamontowana, np. w podstawce magnetycznej. Sama nie ma żadnych możliwości pomiarowych.

Ad. k) Głębokościomierz mikrometryczny, dzięki szerokiej i płaskiej stopie ma możliwość dokładnego pomiaru głębokich otworów.

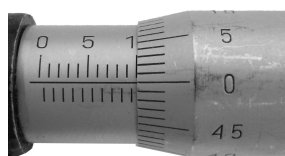
Dodatkowo występują odmiany lekkie o średnicy wrzeciona 6 mm oraz ciężkie o średnicy wrzeciona 8 mm. Nowsze najczęściej występują jako odmiany ciężkie i bardziej odporne na uszkodzenia.

Ważne jest też zróżnicowanie wykonania powierzchni bębna i tulei. Może być stożkowa powierzchnia bębna – rys. 2 – lub cylindryczna pokrywająca się z powierzchnią tulei. Wersja druga likwiduje błąd paralaksy. Jednak również w wersji pierwszej, z bębniem stożkowym, paralaksa właściwie nie występuje. Jest to rozwiązanie najczęściej spotykane.

Wymienione typy mikrometrów są najczęściej spotykanymi w praktyce warsztatowej. W handlu można spotkać całą paletę mikrometrów specjalnych, do ściśle określonych celów, lub też wymienionych końcówek pomiarowych przeznaczonych do realizowania pomiarów specjalistycznych.

2. Zasada działania mikrometru

Działanie mikrometru polega na przesuwie wzdłużnym obracanej śruby osadzonej w nieruchomej nakrętce. Śruba mikrometryczna współpracująca z nakrętką stanowi wzorzec odniesienia. Śruba zakończona jest powierzchnią pomiarową – wrzecionem. Skok śruby jest ściśle określony i wynosi najczęściej 0,5 mm, ale może mieć również 1 mm. Oznacza to, że jeden jej obrót powoduje przesuw wrzeciona o 0,5 mm, a 1/50 obrotu daje przesuw (pomiar) tylko 0,01 mm. Na śrubie osadzony jest bęben pomiarowy. Wyskalowanie bębna pomiarowego w 50, równo rozłożonych kres – rys. 2 – sprawia, że uzyskujemy dokładność wskazań 0,01 mm, (45 + 5 kres na jeden obrót bębna).



Rys. 2. Bęben pomiarowy ze wskazami 0,01 mm, 50 działek na obrót

Błąd wskazań przyrządów mikrometrycznych wynosi wg normy PN-82/M-53200/A1 „Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne. Wymagania” w zależności od wymiaru.

Tabela 1. Błędy wskazań mikrometrów [$\pm \mu\text{m}$]

Wymiar [mm]	0	50	100	200	400	600	900
Błąd [μm] +	4	5	6	8	12	16	22
-	2	3	4	6	10	-	-

Jak widać, zwiększanie dokładności odczytu wymiaru metodą interpolacji działki elementarnej jest pozbawione większego sensu ze względu na znaczny rozrzut błędów wskazań. Pomiar wielkości ponad 200 mm nie są pewne, co do „setki”.

3. Budowa mikrometru zewnętrznego stałego MMZb

Najczęściej stosowanym jest mikrometr zewnętrzny z powierzchniami pomiarowymi płaskimi. Składa się z następujących części – wg rys. 3 i normy PN-82/M-53200/A1.

Kabłąk wykonany jest ze stali lub żeliwa, często z nakładkami ochronnymi z drewna lub tworzyw sztucznych. Ich zadaniem jest odizolowanie kabłąka od ciepła rąk, które jest powodem rozszerzania termicznego i związanymi z tym błędami pomiarowymi. Kabłąk powinien mieć współczynnik rozszerzalności termicznej $(11,5 \pm 2) \times 10^{-6} \times 1/^{\circ}\text{K}$, czyli równy najczęściej spotykanym stalom. Pozwala to uniknąć, w większości przypadków, żmudnych obliczeń wpływu rozszerzania (kurczenia) termicznego na wynik pomiaru. Wielkość kabłąka limituje zakres pomiarowy mikrometru, natomiast sama głowica pomiarowa jest identyczna dla wszystkich zakresów.



Rys. 3. Mikrometr zewnętrzny z powierzchniami pomiarowymi płaskimi

Mikrometry typu stałego MMZb budowane są w zakresach stopniowanych co 25 mm: 0-25, 25-50, 50-75 itd. do 500 mm. Najczęściej jednak wykorzystywane są w zakresie do 300 mm. Tak krótkie zakresy robi się ze względu na trudności wykonania z wystarczającą dokładnością dłuższej śruby mikrometrycznej. Mikrometry do pomiaru wyższych zakresów wykonywane są w wersji MMZh z wymiennym kowadłkiem, stopniowane co 100 mm aż do wielkości pomiarowej 1000 mm.

Powierzchnie pomiarowe znajdują się na ruchomym wrzecionie i na stałym kowadłku. Najczęściej są wykonane ze stali narzędziowej o twardości 62 HRC, a często pokryte węglnikami spiekany. Pokrycie to jest bardzo ważne, gdyż zużycie powierzchni pomiarowych jest najczęstszym powodem złomowania mikrometrów. Wynika to z bardzo dużych wymagań stawianych powierzchniom pomiarowym, np. chropoistość maksymalnie $R_a=0,100$, a tolerancja ich równoległości dla zakresu 25 mm wynosi 2 μm . Przy tym

w czasie pomiaru występuje nieuchronnie tarcie, które jest powodem zużywania się powierzchni pomiarowych. Możliwe jest też wykonanie wrzeciona i kowadełka ze stali nierdzewnej.

Tuleja z nakrętką mikrometryczną stanowi stały, związany z kabłąkiem element pomiarowy. Na niej zaznaczony jest wskaz zerowy – kresa wzdłużna, a także podziałka milimetrowa z podziałem, co 0,5 mm. Wykonywane są w wersji z błędem paralaksy i bez tego błędu w zależności od bębna pomiarowego.

Bęben pomiarowy, na stałe związany ze śrubą mikrometryczną, ma na swoim obwodzie podziałkę „setkową”, tzn. 50 kres z oznaczeniem od 0 do 45. Każda działka przedstawia wartość 0,01 mm. Należy zwracać uwagę, aby kresa „0” na bębnie dokładnie pokrywała się z dowolnymi kresami milimetrów i połówek milimetrów tulei. Brak koincydencji może być powodem późniejszych pomyłek w odczycie wymiaru. Budowa wewnętrzna głowicy pomiarowej umożliwia korekcję tego błędu. Jak podano wyżej w punkcie 1, bębny mogą występować w wersji cylindrycznej i stożkowej. Zakończenie powierzchni stożkowej ma krawędź o wysokości maksymalnie 0,4 mm. Z tego powodu wpływ paralaksy jest znikomy.

Sprzęgło w mikrometrze ma dwa główne zadania. Po pierwsze zapewnia uzyskanie właściwego, tj. 5 do 10 N nacisku pomiarowego. Drugim, bardzo ważnym zadaniem jest zabezpieczenie śruby, nakrętki i innych elementów wewnętrznych przed rozregulowaniem, a nawet zerwaniem. Z tego powodu pomiarów należy dokonywać tylko przy pomocy sprzęgła.

Zacisk służy do unieruchomienia wrzeciona w położeniu pomiarowym, co zabezpiecza bęben przed przypadkowym poruszeniem. Zadziałanie zacisku nie powinno powodować zmiany wskazań większej niż 2 μm . Zaciski wykonywane są w trzech rodzajach konstrukcyjnych: pierścieniowy, śrubowy i dźwigniowy. Najczęściej spotykany jest zacisk pierścieniowy. Wszystkie rozwiązania zacisków są jednakowo sprawne, choć mechanizm śrubowy i dźwigniowy ma elementy wystające, co w pewnym stopniu naraża je na uszkodzenie.

4. Budowa mikrometru zewnętrznego, nastawnego MMZh

W ogólnym zarysie mikrometr ten – rys. 1i – ma wszystkie elementy budowy takie same jak mikrometr stały. Istotna różnica polega na tym, że posiada zestaw trzech, czterech lub pięciu wymiennych kowadełek o różnej długości. Pozwala to na realizowanie zróżnicowanych podzakresów długości pomiarowych. Wymienne kowadełka stopniowane są co 25 mm, a długość wysuwu śruby mikrometrycznej wynosi również 25 mm. Układ ten umożliwia dokonanie pomiarów dowolnej wielkości w zakresie 100 mm, od 200 do 1000 mm. Mikrometry te budowane są na zakresy pomiarowe 200 do 300, 300 do 400 i tak aż do 1000 mm. Mankamentem ich jest to, że wymianie kowadełek musi towarzyszyć każdorazowo sprawdzanie i korygowanie na wzorcach wskazań bębna pomiarowego. Dokonuje się tego poprzez poluzowanie bębna kluczykiem hakowym. Do regulacji tym kluczykiem, w bębnie wykonany jest specjalny otwór.

5. Sprawdzanie metrologiczne mikrometrów

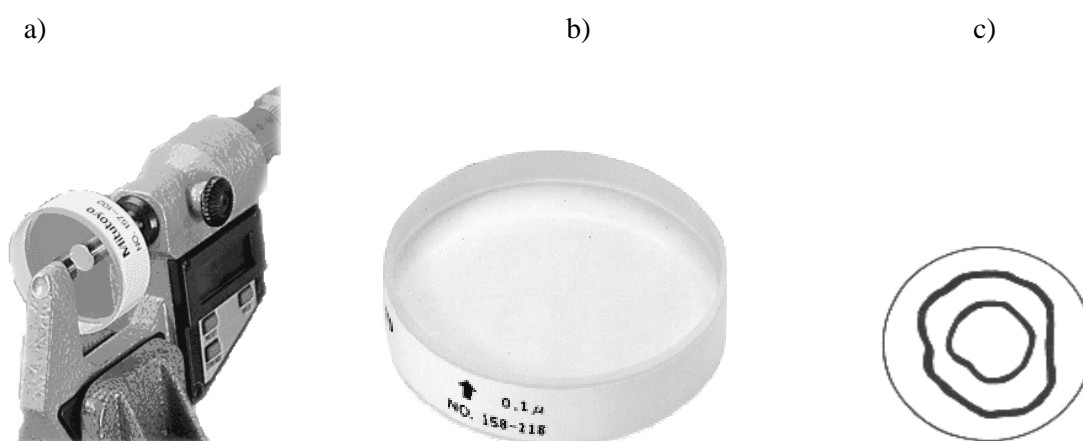
Wyróżnić należy pełne, profesjonalne sprawdzanie parametrów oraz sprawdzanie metodą warsztatową. To drugie ze względu na łatwość powinno być dokonywane jak najczęściej, przynajmniej raz dziennie.

5.1. Pełne sprawdzanie metrologiczne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo zgodnie z instrukcją znajdującą się w Dzienniku Urzędowym Miar i Probiernictwa nr 12/96 poz. 71 i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych,
- sprawdzanie odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych,
- sprawdzanie zmiany wskazań spowodowanej ugięciem kabłąka,
- sprawdzanie nacisku pomiarowego,
- sprawdzanie zmiany wskazań spowodowanej unieruchomieniem wrzeciona,
- wyznaczanie błędów wskazań mikrometru.

Dopuszczalne odchylenia wykonania i wskazań podane są w Dz.U.M i P. nr 12/96 oraz w normie PN-80/M-53200 „Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne. Wymagania.” W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania oraz kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom. Stosunkowo łatwe, a jednocześnie wiele mówiące o stanie mikrometru, jest sprawdzanie odchylenia od płaskości i równoległości powierzchni pomiarowych. Potrzeba do tego celu płaskorównoległej płytki interferencyjnej wg PN-74/M-54602 „Płytki interferencyjne płaskie”. Badanie polega na umiejętnym dociskaniu płytki do powierzchni pomiarowych wrzeciona i kowadełka i zliczaniu prążków interferencyjnych powstających na jego powierzchni. Dokładna procedura i obliczenia podane są w Dz.U.M i P. nr 12/96.



Rys. 4. Sprawdzanie płaskości i równoległości powierzchni pomiarowych mikrometru:

- sposób ustawienia płytki interferencyjnej,
- płytki interferencyjna,
- przykładowe prążki interferencyjne.

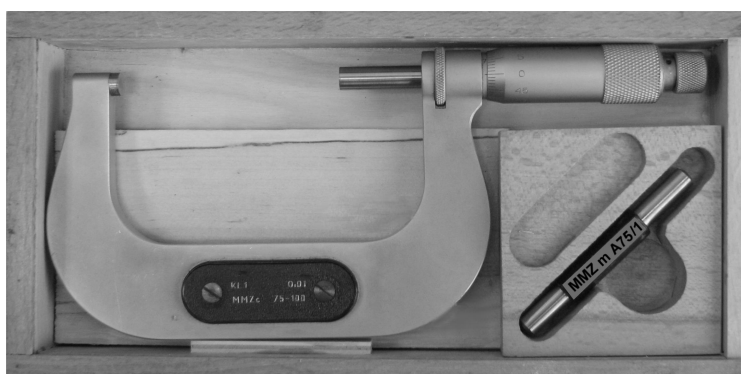
5.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

1. Oględziny zewnętrzne i ocena płynności obrotów bębna i sprzęgła

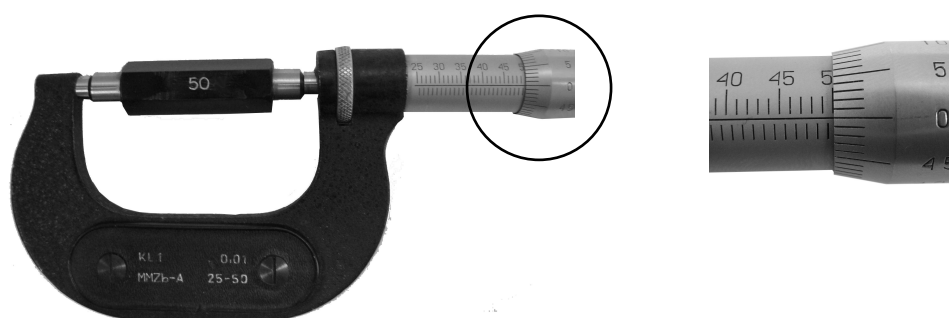
Najczęściej uszkodzenia dotyczą tulei i bębna oraz powierzchni pomiarowych wrzeciona i kowadełka. Możliwe są też zabrudzenia i wytarcia. Bęben powinien obracać się płynnie bez zacięć. Po zaciśnięciu się wrzeciona i kowadełka na badanym przedmiocie, sprzęgło powinno obracać się z charakterystycznym grzechotem.

2. Ocena wskazań dokonana na wzorcach nastawczych

Wzorce MMZm odpowiadające normie PN-88/M-53201 „Narzędzia pomiarowe. Wzorce nastawcze do mikrometrów zewnętrznych” są na wyposażeniu każdego mikrometru, rys.5. Badania wskazań mikrometru, przeprowadzane na wzorcach nastawczych, wg rys.6. należy powtarzać jak najczęściej. Budowa mikrometru umożliwia korektę ewentualnych błędów.



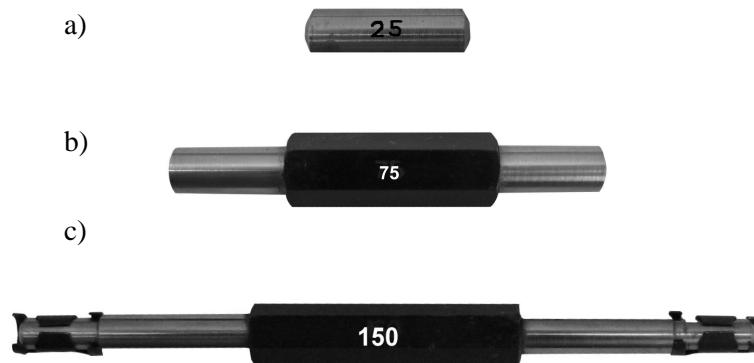
Rys. 5. Mikrometr ze wzorcem nastawczym



Rys. 6. Sprawdzanie poprawności wskazań mikrometru na wzorcu MMZm. Wymiar 50,00 mm

Wzorce wykonane są ze stali narzędziowej o twardości 62 HRC często z nakładkami z węglików spiekanych. Powierzchnie pomiarowe mogą być płaskie lub kuliste. Odwzorowują długości 25, 50, 75, itd., co 25 mm z dokładnością w klasie 1, 2 lub, 3 co w zależności od ich długości daje odchyłki 0,8 μm dla długości 25 mm i 10,5 μm dla długości 1000 mm. Wzorce o długości ponad 100 mm powinny być

wyposażone w nasadki umożliwiające zawieszanie wzorca na kowadełku i wrzecionie mikrometru – rys. 7c. Wskazany jest, aby na środku długości wzorca znajdowała się nakładka z tworzywa izolującego termicznie, rys. 7b i 7c.



Rys. 7. Wzorce nastawcze: a) gładki, b) z nakładką, c) z nasadkami

3. Ocena nacisku pomiarowego pochodzącego od sprzęgła

Powinien on zapewniać dokładne doleganie kowadełka i wrzeciona do mierzonego przedmiotu, po uprzednim parokrotnym przekręceniu sprzęgła tzw. „grzechotki”. Oceną jakości pracy sprzęgła jest powtarzalność wskazań wykonana na wzorcach.

4. Ocena zacisku

Wrzeciono unieruchomione zaciskiem nie powinno obracać się po przyłożeniu momentu wywołanego przez obrót sprzęgła. Jednocześnie jego użycie nie powinno powodować zmiany wskazań o więcej niż $2\ \mu\text{m}$.

5. Ocena stopnia namagnesowania

Ocenę stopnia namagnesowania zwłaszcza kowadełka i wrzeciona należy przeprowadzać przy pomocy opiłków stalowych. Mikrometr nie powinien przyciągać suchych opiłków o ciężarze 0,2 g.

6. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach mikrometrem

1. Zukosowanie narzędzia

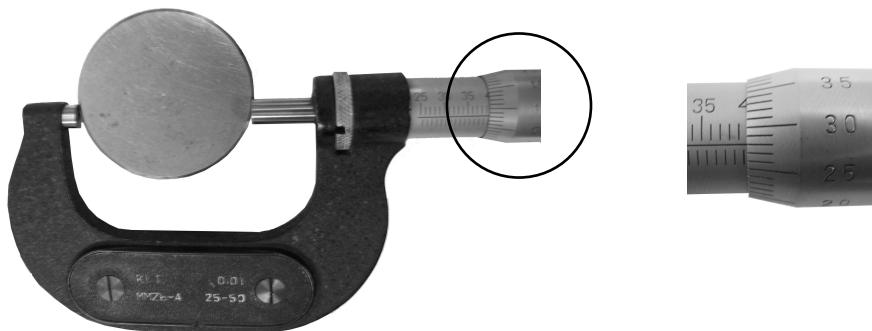
Zdarza się niewłaściwe objęcie wałka wzdłuż jego tworzącej wg rys.8. Daje to wymiar nadmierny. Objawia się to prześwitem, widzianym z góry, między powierzchniami pomiarowymi a mierzonym przedmiotem.



Rys. 8. Zukosowanie mikrometru na wałku. Wymiar $\phi 40,87 \text{ mm}$ ($\phi 40^{+0,87}$)

2. Pomiar cięciwy wałka zamiast średnicy

Zdarza się niepełne objęcie wałka tzn. po cięciwie wg rys.9. Daje to wymiar zaniżony. Podobnie jak w w/w przypadku objawia się to prześwietem, tym razem widzianym z boku.



Rys. 9. Pomiar cięciwy. Wymiar $\phi 39,78 \text{ mm}$ ($\phi 40^{-0,22}$)

3. Nieprawidłowe dokręcanie śruby mikrometrycznej

Dokręcanie śruby mikrometrycznej bębniem zamiast sprzęgłem sprawia, że nacisk pomiarowy zostanie przekroczony. Może to spowodować rozkalibrowanie narzędzia a nawet trwałe uszkodzenie. Oczywiście, efektem takiego działania są błędy pomiaru, najczęściej zaniżające wymiar rzeczywisty.

4. Błąd odczytu wskazań

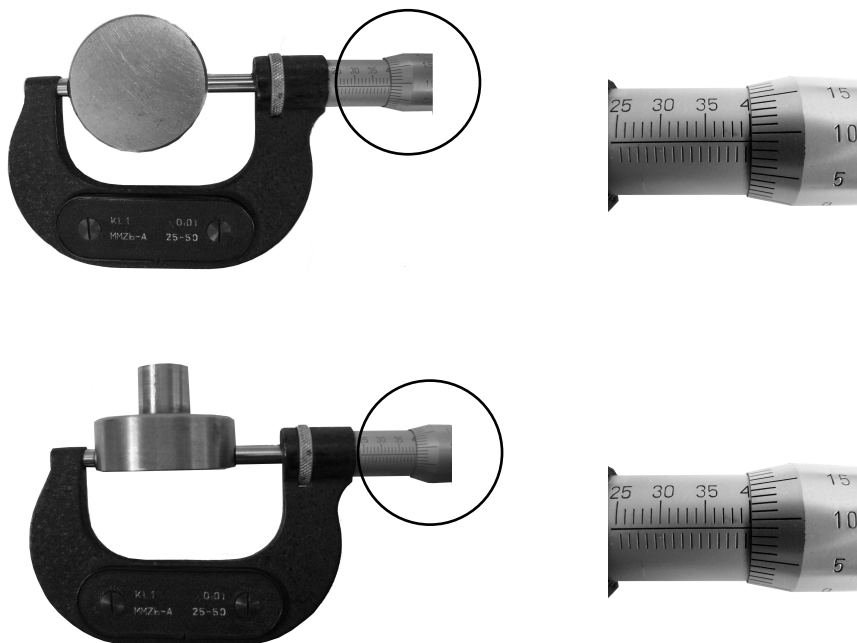
W obrębie zera zdarza się pomylić wartości malejące „setek” z narastającymi. Prawidłowe odczyty przedstawia rys. 10. Zdarza się to szczególnie wtedy, gdy skutkiem napraw lub regulacji wskaz zero-
wy bębna rozmija się z kresami milimetrowymi tulei.



Rys. 10. Prawidłowe wskazzy na bębnie mikrometra:
 a) wymiar 5,00 mm, b) wymiar 4,95 mm($5^{-0,05}$) c) wymiar 5,05 mm($5^{+0,05}$)

7. Pomiar właściwy

Prawidłowy pomiar następuje wtedy, gdy kowadełko i wrzeciono znajdują się wzdłuż średnicy wałka i prostopadle do jego tworzącej – rys. 11. W tym celu należy, przed ostatecznym dokręceniem śruby mikrometrycznej, wykonywać ruchy oscylacyjne wrzecionem na mierzonej średnicy, by ustalić właściwe jej położenie. Dokręcanie wrzeciona musi koniecznie odbywać się poprzez sprzęgło. Pomiar należy powtórzyć minimum trzy razy w tym samym miejscu, a w przypadku rozrzutu wyników powtarzać aż do ustalenia się mierzonej wartości. Wałki należy mierzyć w czterech miejscach na obwodzie, co 90° celem wykrycia owalności, graniastości i innych błędów kształtu. Gdy są dłuższe, mierzyć trzeba również w kilku miejscach wzdłuż, by wykryć siodłowowatość, baryłkowość lub stożkowatość.



Rys. 11. Właściwe ustawienie mikrometru względem mierzonego wałka. Wymiar $\phi 40,09$ ($\phi 40^{+0,09}$)

8. Czynniki wpływające na dokładność pomiaru mikrometrem

Dokładność wskazań 0,01 mm sprawia, że wpływ temperatury, zwłaszcza przy różnych współczynnikach rozszerzalności cieplnej narzędzia i przedmiotu mierzonego ma pierwszorzędne znaczenie. Należy dążyć do tego, aby narzędzie i przedmiot mierzony miały temperaturę 20°C. Przykładowo przedmiot stalowy o wymiarze 100 mm ogrzany o 10°C rozszerzy się o ponad 0,01 mm, Jeżeli jest to niemożliwe, trzeba dodatkowo pomierzyć ich temperatury i obliczyć korekcję.

Oczywiście, że zabrudzenia, korozja, a nawet smar i zaoliwienie mają wpływ na jakość pomiaru, gdyż nacisk pomiarowy mikrometru jest zbyt mały, by skutecznie wypchnąć zanieczyszczenia spod powierzchni mierniczych.

Warto też wynik pomiaru mikrometrem uzupełnić o pomiar chropowatości badanej powierzchni. Duża chropowatość może w czasie eksploatacji w istotny sposób obniżyć wymiar przedmiotu. Za chropowatość dużą można uznać większą od $R_a 1,25$.

Określenie niepewności pomiaru przyrządami mikrometrycznymi

- błąd śruby i nakrętki mikrometru $F = \pm 3 \mu\text{m}$,
- płaskości kowadełka i wrzeciona $T_p = 0,9 \mu\text{m}$,
- równoległości powierzchni pomiarowych kowadełka i wrzeciona $T_r = 2 \mu\text{m}$,
- prostopadłości powierzchni pomiarowych wrzeciona względem jego osi $T_v = 1 \mu\text{m}$,
- dolnego zakresu pomiarowego $f_A = 2 \mu\text{m}$,
- odkształcenie kabłąka dla $P=10\text{N} \approx 2 \mu\text{m}$,
- sprężyste odkształcenie mierzonego przedmiotu $\approx 1 \mu\text{m}$,
- unieruchomienie wrzeciona zaciskiem $\approx 2 \mu\text{m}$,
- chropowatość powierzchni pomiarowych $\leq 0,08 \mu\text{m}$,
- paralaksy $\approx 1 \mu\text{m}$,
- temperaturowy – przy pomiarach wyrobów stalowych i różnicy temperatury przedmiotu i mikrometru $\pm 5^\circ\text{C}$ i średnicy mierzonej mniejszej niż 100 mm nie uwzględniamy. W pozostałych przypadkach wg znanych wzorów,
- błąd ustawienia mikrometru $\approx 1 \mu\text{m}$.

Niepewność pomiaru mikrometrem jest sumą geometryczną w/w składników.

Stan techniczny mikrometru musi być nienaganny, potwierdzony sprawdzaniem na wzorcach oraz okresową kontrolą laboratoryjną.

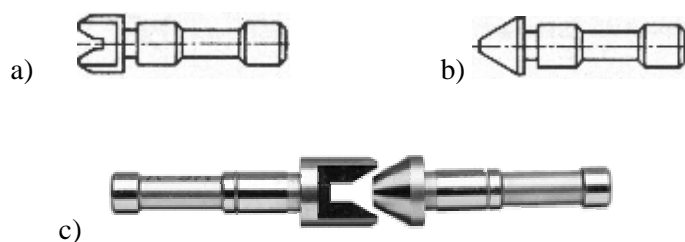
9. Inne mikrometry zewnętrzne

9.1. Mikrometr do gwintów MMGe

Mikrometr ten – wg rys.1.c – oraz normy PN-73/M-53214 „Narzędzia pomiarowe. Mikrometry zewnętrzne do gwintów” służy do pomiaru średnic podziałowych gwintów metrycznych o średnicach

znamionowych do 100 mm i skokach od 0,4 do 6 mm oraz gwintów calowych o średnicach do 3 i 1/2" i liczbie zwojów 11, 14, 19, 28 na długości cala. Podobnie jak inne mikrometry wykonywane są na zakresy 25 mm i stopniowane również co 25 mm. Działka elementarna mikrometru do gwintu wynosi 0,01 mm, a odchyłka wskazań, w zależności od zakresu od 14 do 22 μm .

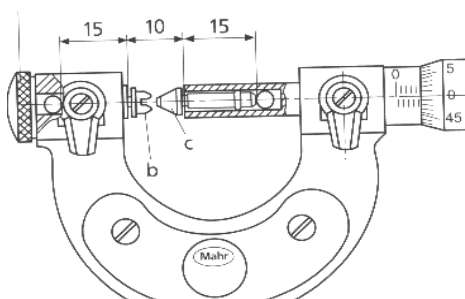
Do pomiaru niezbędne są właściwie dobrane końcówki wymienne MMGg i MMGh wg PN-73/M-53216 „Narzędzia pomiarowe. Kończówki pomiarowe wymienne do średnic podziałowych gwintów” – rys. 12.



Rys. 12. Kończówki pomiarowe mikrometrów do gwintów:

- a) końcówka przyzmatyczna MMGg, b) końcówka stożkowa MMGh, c) zestaw pomiarowy.

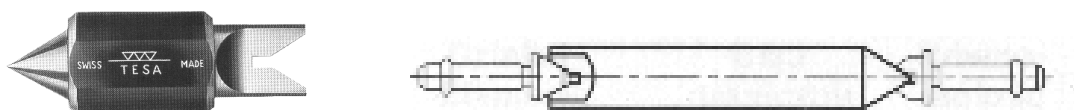
W/w norma przewiduje końcówki o podziałkach jak w normie na mikrometry. Trzpień końcówki ma średnicę $\phi 3,5\text{h6}$. Do pomiaru zakłada się we wrzecionie końcówkę pomiarową stożkową, a końcówkę przyzmatyczną w nastawnym kowadełku. Wymianie końcówek powinno towarzyszyć za każdym razem ustawianie wskazań zerowych. Mikrometry o zakresie od 0 do 25 mm zeruje się poprzez zetknięcie obu końcówek – wg rys.13.



Rys.13. Zerowanie mikrometru do gwintów o zakresie pomiarowym 0 do 25 mm:

- a) pokrętło przestawiania kowadełka $\pm 0,5$ mm, b) końcówka przyzmatyczna, c) końcówka stożkowa.

Natomiast większe zeruje się za pomocą wzorców nastawczych MMGp – wg rys.1c i 14 – oraz normy PN-73/M-53215 „Narzędzia pomiarowe. Wzorce nastawcze do mikrometrów do gwintów”.



Rys. 14. Nastawianie wskazań zerowych mikrometru do gwintu

Wzorce należy dobierać według średnicy i rodzaju gwintu (metryczny, calowy itd.).

9.2. Mikrometry czujnikowe MMCc i transametry MMCf

Mikrometry te, wg normy PN-75/M-53259 „Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne czujnikowe. Wymagania”, służą do pomiarów porównawczych, np. w produkcji masowej. Ich konstrukcja pozwala na dokonywanie szybkich i dokładnych pomiarów z góry określonego wymiaru z założoną odchyłką maksymalną. Wytwarzane są w zakresach co 25 mm od 0 do 100 mm. Działka elementarna wynosi 0,001 mm lub 0,002 mm z błędem wskazań $\pm 5 \mu\text{m}$, a długość pomiarowa, czyli wychylenie wskazówki czujnika od 0,1 do 0,2 mm. Należy przez to rozumieć, że odchyłka wymiaru przedmiotu mierzonego musi mieścić się w tym zakresie.



Rys.15. Mikrometr czujnikowy MMCc

Pomiar wymaga wcześniejszego nastawienia wskazania zerowego na wzorcu, np. na płytkach wzorcowych – wg rys. 16. Polega to na nastawieniu śrubą mikrometryczną wskazówki czujnika na wskaz zerowy. Oczywiście wzorzec musi ściśle odpowiadać wymiarowo przewidywanym pomiarom. Najlepiej, gdy wskaz zerowy oznacza środek tolerancji badanego przedmiotu. Sam pomiar polega na wsuwaniu przedmiotu pomiędzy wrzeciono i kowadełko oraz odczytaniu odchyłki na czujniku – wg rys.17. Podobnie przebiega nastawianie mikrometru czujnikowego jak i transametry. Ułatwia on ocenę wyników pomiaru na zasadzie „dobry-nie dobry”.

9.2.1. Sprawdzanie metrologiczne pełne

Pełne sprawdzanie metrologiczne powinno odbywać się okresowo zgodnie z instrukcją ujętą w Dzienniku Urzędowym Miar i Probiernictwa nr 11/96 poz. 57 i obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzanie nacisku pomiarowego,
- sprawdzanie siły potrzebnej do zmiany nastawienia położenia kątownego końcówki pomiarowej,
- sprawdzanie błędów wskazań,
- sprawdzanie histerezy pomiarowej,
- sprawdzanie zakresu rozrzutu wskazań.

Dopuszczalne odchylenia podane są w Dz.U.M.i P. nr 11/96 i w normie PN-75/M-53259.

W/w sprawdzania wymagają specjalistycznego oprzyrządowania oraz kwalifikacji i dlatego należy powierzać je uprawnionym laboratoriom.

9.2.2. Sprawdzanie metrologiczne sposobem warsztatowym

Ze względu na bardzo dużą dokładność tych przyrządów sprawdzanie warsztatowe ogranicza się do oględzin zewnętrznych i sprawdzania wskazań czujnika za pomocą płytek wzorcowych – rys. 16.



Rys. 16. Sprawdzanie transmetru płytkami wzorcowymi

Transometr zamocowany jest w uchwycie MMZn/1.

9.3. Najczęściej popełniane błędy w pomiarach mikrometrami czujnikowymi

1. Błąd ustawienia wskazań zerowych

Należy dokładnie zmierzyć wymiar nominalny przedmiotu i dobrać według niego pakiet płytek wzorcowych do zerowania wskazań czujnika. Mały zakres pomiarowy czujnika sprawia, że łatwo wyjść poza jego wskaźy. W takiej sytuacji można zakwalifikować wymiar wychodzący poza granice zakresu pomiarowego jako wymiar maksymalny lub minimalny skali pomiarowej.

2. Błąd przedmiotu

Duża dokładność wskazań sprawia, że na wartość wymiaru przedmiotu wpływają też jego błędy kształtu, np. falistość, owalność, stożkowatość oraz błąd temperaturowy. Dokładność rzędu 0,001 lub 0,002 mm powoduje, że niemal każda różnica temperatur między przedmiotem mierzonym a narzędziem pomiarowym wywołuje istotny błąd pomiaru.

3. Zanieczyszczenia

Każde zanieczyszczenie materiałem stałym, choćby najdrobniejszym, powierzchni mierzonej lub narzędzia pomiarowego wypacza wynik pomiaru – zawyża go. Również zanieczyszczenia smarem lub

olejem są szkodliwe, gdyż mały nacisk pomiarowy – od 5 do 10 N – nie jest w stanie wycisnąć wszystkich zanieczyszczeń płynnych.

4. Błąd cięciwy

Łatwo można wykonać pomiar cięciwy walca zamiast jego średnicy. Skutkuje to заниzeniem wymiaru średnicy mierzonego walca.

9.4. Prawidłowy pomiar transametrem

Zasada podstawowa. Unikać błędów jak wyżej.

Wskaźnik tolerancji. Należy właściwie korzystać ze wskaźnika tolerancji, w który wyposażona jest tarcza czujnika. Głównie polega to na tym, żeby poza wskaźnikiem tolerancji pozostały jeszcze wolne działki, a wskazówka nie wychylała się poza zakres pomiarowy.

Zacisk. Należy upewnić się, że domykanie zacisku (blokady ustawienia) nie zmienia wskazań zerowych.



Rys. 17. Pomiar transametrem

Wstawiając przedmiot mierzony między wrzeciono i kowadełko należy korzystać z przycisku rozsuwającego obie powierzchnie pomiarowe. Podobnie trzeba uczynić podczas wyjmowania przedmiotu. Dosuwając wrzeciono i kowadełko do przedmiotu mierzonego należy zwolnić przycisk dość energicznie, aby nastąpił silny docisk – rys.17.

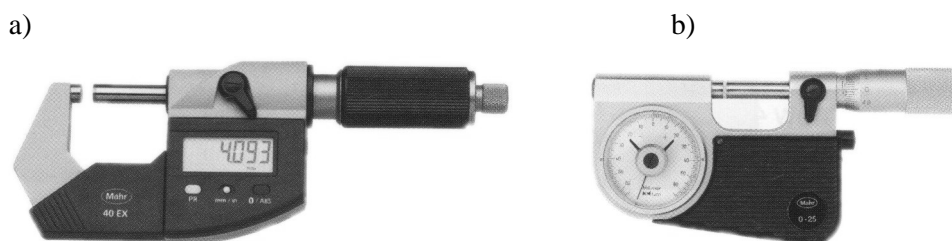
Pomiary transametrem, ze względu na ich dokładność, najlepiej wykonywać w warunkach laboratoryjnych.

9.5. Mikrometry z odczytem elektronicznym i zegarowym

Podobnie jak w przypadku suwmiarek tak i tu mamy do wyboru zróżnicowane formy odczytu wyników pomiaru. Mikrometry z odczytem elektronicznym, co widać na rys. 18a oferują wynik z dokładnością do trzeciego miejsca po przecinku, czyli w mikrometrach. Biorąc jednak pod uwagę, że konstrukcja i wykonanie mikrometrów w wersji elektronicznej nie różni się od tradycyjnych, dokładność ta jest mocno przesadzona. Nie ulega również zmianie metodyka pomiaru, a co za tym idzie, związane z tym błędy. Niewątpliwą korzyścią jest ominięcie błędów związanych z samym odczytem wskazań z bębna pomiarowego, głównie paralaksy. Mankamentem jest podatność na pola elektromagnetyczne, które

mogą uszkodzić układ elektroniczny, oraz na wpływ niskich temperatur, najczęściej w -5°C elektronika przestaje działać. Konieczną jest również okresowa wymiana baterii.

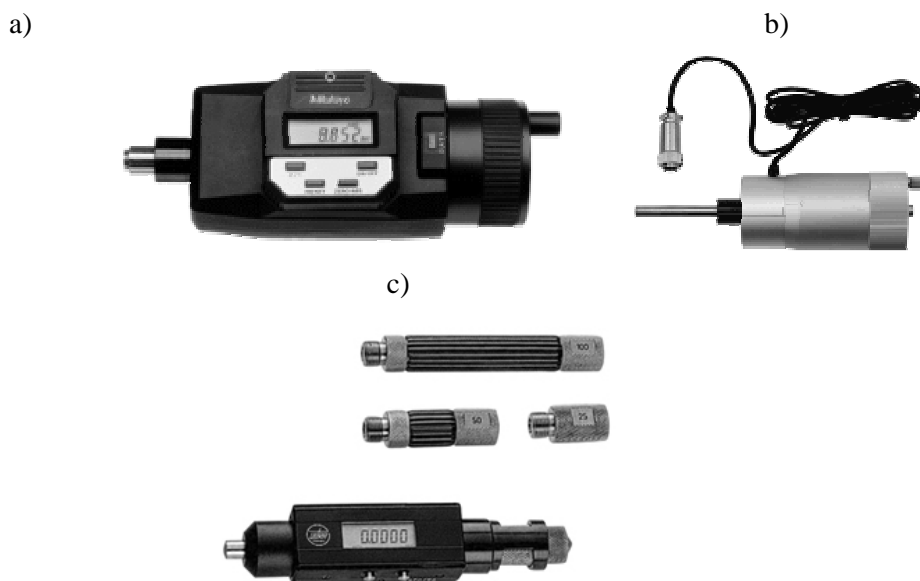
Mikrometry z tarczą zegarową ułatwiają odczyt ułamkowych części milimetra. Są też wyposażone we wskaźnik tolerancji.



Rys. 18. Mikrometry zautomatyzowane:

a) mikrometr z odczytem elektronicznym, b) mikrometr z odczytem zegarowym

Również głowice mikrometryczne występują w wersji elektronicznej – rys. 19a. Odczyt cyfrowy może mieć wyjście na zewnątrz – rys. 19b. Pozwala to na zastosowanie elementów automatyki procesu pomiarów i produkcji.

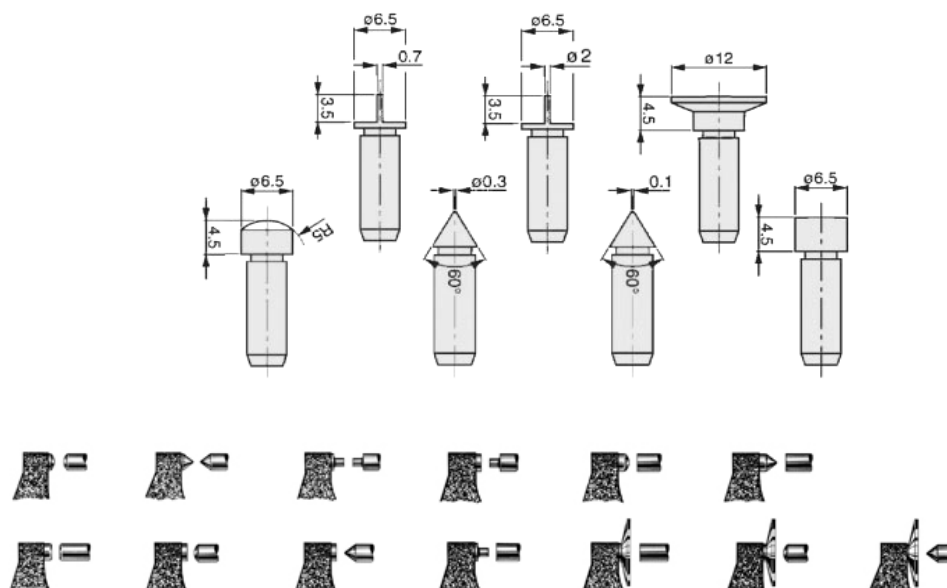


Rys. 19. Głowice mikrometryczne z odczytem elektronicznym: z czytnikiem wbudowanym, b) z czytnikiem wyprowadzonym na zewnątrz, c) głowica z wymiennymi końcówkami

9.6. Wyposażenie dodatkowe do mikrometrów

Niektóre prace pomiarowe wymagają, aby wrzeciono i kowadełko miały specjalnie dostosowany kształt powierzchni roboczej, przykłady na rys. 20. Można to zrealizować za pomocą mikrometrów

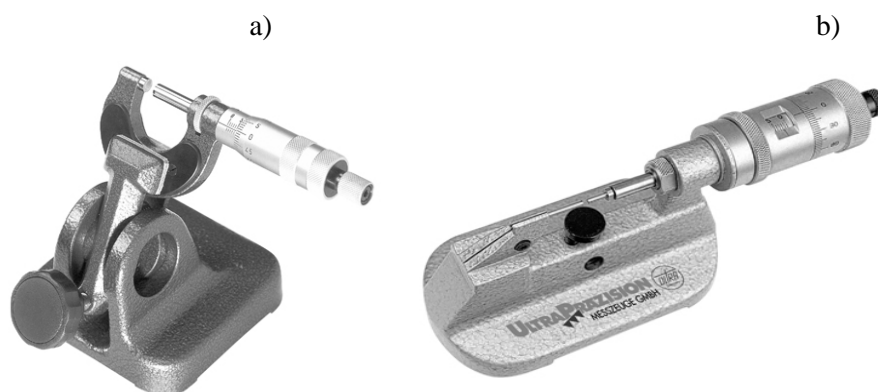
specjalnych lub stosując wymienne końcówki do mikrometrów wyposażonych w kowadełko i wrzeciono z otworami.



Rys. 20. Końcówki wymienne do mikrometru

Mogą one występować parami lub w innych konfiguracjach. Każdorazowej wymianie końcówki pomiarowej musi towarzyszyć nastawianie wskazów zerowych mikrometru.

Innym, często spotykanym wyposażeniem mikrometru są uchwyty na kabłąk. Ułatwiają one pomiary, uwalniając rękę od trzymania kabłąka – rys. 21.



Rys. 21. Uchwyty do mikrometrów: a) podstawka zaciskowa, b) podstawka stała

10. Materiały używane do budowy mikrometrów

Mikrometr wykonuje się ze stali o współczynniku rozszerzalności termicznej $\alpha = 11,5 \times 10^{-6}/1^{\circ}\text{C}$. Wrzeciono i kowadełko powinny być hartowane, a powierzchnie pomiarowe pokryte węglnikami lub

ceramiką. Elementy te często wykonywane są ze stali nierdzewnej. Jest to ważne, gdy mikrometr używany jest w warunkach wilgotnych i w środowisku chemicznie nieobojętnym. Celowe jest, aby na kabłąku znajdowała się drewniana lub plastikowa nakładka termoizolacyjna służąca do chwytania mikrometru. Powierzchnie pomiarowe bębna i tulei powinny być chromowane, co zmniejsza ich połysk, a tym samym ułatwia odczyt wskazań. Do konserwacji należy używać wazeliny bezkwasowej. Mikrometr i wzorce nastawcze powinny być przechowywane w drewnianych pudełkach z wybraniemi utrzymującymi je na miejscu. Do przechowywania należy zwolnić wrzeciono z położeń skrajnych, w szczególności mikrometr o zakresie pomiarowym 0-25 mm nie może być zaciśnięty w położeniu 0 mm.



Bibliografia

Paczyński P., *Metrologia techniczna*, WPP Poznań 2003

Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 12/96 poz. 71

Dziennik Urzędowy Miar i Probiernictwa nr 11/96 poz. 57

Spis norm

PN-82/M-53200/A1 „Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne. Wymagania”.

PN-88/M-53201 „Narzędzia pomiarowe. Wzorce nastawcze do mikrometrów zewnętrznych”.

PN-80/M-53202 „Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne”.

PN-73/M-53214 „Narzędzia pomiarowe. Mikrometry zewnętrzne do gwintów”.

PN-73/M-53215 „Narzędzia pomiarowe. Wzorce nastawcze do mikrometrów do gwintów”.

PN-73/M-53216 „Narzędzia pomiarowe. Końcówki pomiarowe wymienne do średnic podziałowych gwintów”.

PN-65/M-53247 „Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe jednostronne” .

PN-64/M-53248 „Warsztatowe środki miernicze. Mikrometry wewnętrzne szczękowe dwustronne”.

PN-75/M-53259 „Narzędzia pomiarowe. Przyrządy mikrometryczne czujnikowe. Wymagania”.

PN-74/M-54602 „Płytki interferencyjne płaskie”.

Spis rysunków

Rys. 1. Wybrane typy mikrometrów.....168-170

Rys. 2. Bęben pomiarowy ze wskazami 0,01 mm, 50 działek na obrót.....172

Rys. 3. Mikrometr zewnętrzny z powierzchniami pomiarowymi płaskimi.....	173
Rys. 4. Sprawdzanie płaskości i równoległości powierzchni pomiarowych mikrometru.....	175
Rys. 5. Mikrometr ze wzorcem nastawczym.....	176
Rys. 6. Sprawdzanie poprawności wskazań mikrometru na wzorcu MMZm. Wymiar 50,00 mm	176
Rys. 7. Wzorce nastawcze; a) gładki, b) z nakładką, c) z nasadkami.....	177
Rys. 8. Zukosowanie mikrometru na wałku. Wymiar $\phi 40,87 \text{ mm } (\phi 40^{+0,87})$	178
Rys. 9. Pomiar cięciwy. Wymiar $\phi 39,78 \text{ mm } (\phi 40^{-0,22})$	178
Rys. 10. Prawidłowe wskaźy na bębnie mikrometra.....	179
Rys. 11. Właściwe ustawienie mikrometru względem mierzonego wałka. Wymiar $\phi 40,09 (\phi 40^{+0,09})$	179
Rys. 12. Końcówki pomiarowe mikrometrów do gwintów.....	181
Rys. 13. Zerowanie mikrometru do gwintów o zakresie pomiarowym 0 do 25 mm.....	181
Rys. 14. Nastawianie wskazań zerowych mikrometru do gwintu.....	181
Rys. 15. Mikrometr czujnikowy MMCC.....	182
Rys. 16. Sprawdzanie transametru płytkami wzorcowymi.....	183
Rys. 17. Pomiar transametrem.....	184
Rys. 18. Mikrometry zautomatyzowane.....	185
Rys. 19. Głowice mikrometryczne z odczytem elektronicznym.....	185
Rys. 20. Końcówki wymienne do mikrometru.....	186
Rys. 21. Uchwyty do mikrometrów: a) podstawka zaciskowa, b) podstawka stała.....	186

Spis tabel

Tab. 1. Błędy wskazań mikrometrów.....	172
--	-----