

1

Pomiary złożonych zarysów elementów geometrycznych

Adam Leśniewicz

Cel ćwiczenia:

1.1 Pomiary zewnętrznych, walcowych gwintów metrycznych

- utrwalenie terminologii i zasad oznaczania metrycznych gwintów zewnętrznych walcowych,
- zapoznanie się ze sprzętem pomiarowym używanym do pomiaru gwintów zewnętrznych,
- nabycie umiejętności pomiaru metrycznych gwintów zewnętrznych walcowych:
 - mikrometrem zewnętrznym do gwintów,
 - mikroskopem uniwersalnym,
 - metodą trójwałeczkową
- pogłębienie umiejętności analizy błędów pomiarów pośrednich.

Politechnika
Warszawska

1.1 Pomiary zewnętrznych walcowych gwintów metrycznych

1.1.1 Wymagane wiadomości

- znajomość ogólnych zasad oznaczania i tolerowania metrycznych gwintów zewnętrznych walcowych,
- ogólna znajomość metod pomiaru wybranych parametrów gwintów,
- ogólna znajomość przyrządów pomiarowych do gwintów.

Zasady oznaczania i tolerowania metrycznych gwintów zewnętrznych walcowych

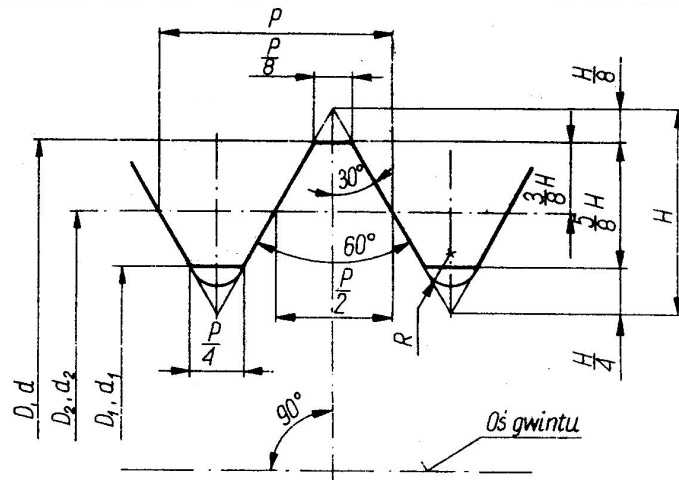
Podstawowymi parametrami gwintu zewnętrznego walcowego są:

- d** – **średnica zewnętrzna** (znamionowa) gwintu (średnica wyobraźalnego walca opisanego na wierzchołkach występów gwintu zewnętrznego),
- d₁** – **średnica wewnętrzna** gwintu (średnica wyobraźalnego walca wpisanego w dna bruzd gwintu zewnętrznego),
- d₂** – **średnica podziałowa** gwintu (ϕ wyobraźalnego walca, którego oś pokrywa się z osią gwintu, a jego tworzące przecinają bruzdę gwintu w ten sposób, że w każdej płaszczyźnie osiowej rzut prostokątny odcinka tworzącej, odpowiadającego szerokości bruzdy na oś gwintu, ma długość równą połowie wartości nominalnej podziałki lub prościej, jest to średnica wyobraźalnego walca, którego tworzące przecinają gwint tak, że szerokość bruzdy i szerokość występu są sobie równe),
- P** – **podziałka gwintu** (odległość osiowa między odpowiada-

jącymi sobie punktami najbliższych jednoimiennych boków gwintu; w przypadku gwintu jednokrotnego podziałka gwintu jest równa skokowi),

α – **kąt gwintu** (kąt zarysu), kąt między różnoimiennymi bokami zarysu.

Podstawowe wymiary gwintów metrycznych określa zarys nominalny, tj. zarys określony dla gwintów zewnętrznych i wewnętrznych, do którego odnoszą się wymiary nominalne względem, których odnosi się odchyłki graniczne (rysunek 1.1.1).



Rysunek 1.1.1 Zarys nominalny gwintów metrycznych

Ponadto przy opisie gwintu należy podać:

- **kierunek pochylenia linii śrubowej gwintu** (gwint prawy - gwint, który się wkręca przy obrocie zgodnym z ruchem wskazówek zegara, gwint lewy - gwint, który się wkręca przy obrocie przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, oznaczany symbolem LH),
- **krotność gwintu** (liczba występów w płaszczyźnie prostopadłej do osi walca, na którym utworzono gwint; dla gwintów wielokrotnych oprócz podziałki podaje się skok gwintu P_h , określany zależnością: $P_h = n P$ gdzie: n - krotność gwintu, P - podziałka gwintu),
- **długość skreślenia gwintu** (długość osiowa, na której w złączeniu gwintowym może występować styk gwintu zewnętrznego i wewnętrznego; wyróżnia się trzy grupy długości skreślenia: małą - S, średnią - N i dużą - L),

- **klasę gwintu** (zbiór znormalizowanych pól tolerancji gwintów, przyporządkowanych odpowiednim przedziałom długości skreńca w ten sposób, że zbiór odpowiada w przybliżeniu jednakowemu poziomowi dokładności i trudności wykonania gwintów; wyróżnia się 3 klasy gwintów: dokładną, średniodokładną i zgrubną).

Tolerowanie gwintów zewnętrznych, zgodnie z PN-ISO 965-2:2001, sprowadza się do określenia:

- pola tolerancji średnicy podziałowej d_2 ,
- pola tolerancji średnicy zewnętrznej d ,
- odchyłki górnej średnicy wewnętrznej d_1 (maksymalnej wartości średnicy d_1).

Dla porównania, w gwintach wewnętrznych należy określić:

- pole tolerancji średnicy podziałowej D_2 ,
- pole tolerancji średnicy wewnętrznej D_1 ,
- odchyłki dolnej średnicy zewnętrznej D (minimalnej wartości średnicy D).

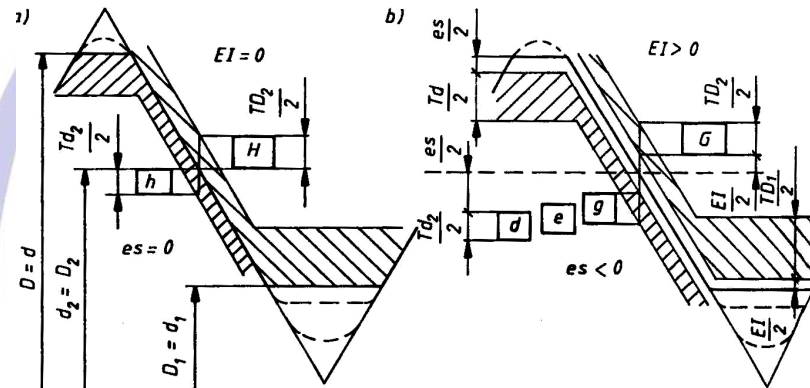
Norma określa 3 szeregi tolerancji dla średnicy zewnętrznej (oznaczone cyframi 4, 6 lub 8) i 7 szeregów tolerancji dla średnicy podziałowej (oznaczonych cyframi od 3 do 9), przy czym dokładność gwintu maleje wraz ze wzrostem numeru klasy jego wykonania.

Ponadto norma określa położenie pól tolerancji tych średnic, przez podanie odchyłek podstawowych dla pięciu pasowań (oznaczonych literami d, e, f, g, h), od najbardziej ujemnej dla pasowania d do O dla pasowania h.

Należy podkreślić, że dla danego gwintu położenie pól tolerancji wszystkich średnic, a więc wartości odchyłek podstawowych muszą być takie same. Oznacza to jednakowe przesunięcie pola tolerancji całego zarysu względem zarysu nominalnego (rysunek 1.1.2). Wybór pola tolerancji gwintu zależy od długości skreńca i klasy gwintu.

Wartości tolerancji średnicy podziałowej d_1 zależą od szeregu tolerancji, średnicy znamionowej (zewnętrznej) d i podziałki P gwintu.

Wartości tolerancji średnicy zewnętrznej d zależą od szeregu tolerancji i skoku gwintu, natomiast wartość odchyłek podstawowych zależy wyłącznie od skoku gwintu.



Rysunek 1.1.2 Położenie pól tolerancji dla gwintu zewnętrznego

Polska Norma nie przewiduje oddzielnego tolerowania skoku i kąta zarysu w gwintach metrycznych ogólnego przeznaczenia. Odchyłki tych wymiarów są niejako ukryte w tolerancji średnicy podziałowej.

Pełne oznaczenie metrycznego gwintu walcowego zewnętrznego zawiera:

- symbol literowy M,
- wartość średnicy znamionowej i podziałki (w przypadku gwintów wielokrotnych - skoku) w [mm] rozdzielone znakiem x (w przypadku gwintu zwykłego wartość podziałki pomija się),
- symbol P i wartość podziałki w mm ujęte w nawiasy (tylko w przypadku gwintu wielokrotnego),
- symbol LH (tylko w przypadku gwintu lewego),
- oznaczenie pola tolerancji średnicy podziałowej (symbol cyfrowy szeregu tolerancji gwintu i symbol literowy położenia pola tolerancji),
- oznaczenie pola tolerancji średnicy zewnętrznej (tylko w przypadku różnych pól tolerancji średnicy podziałowej i średnicy zewnętrznej),

- g. wartość długości skreńcenia w [mm] (w przypadku długości skreńcenia L oraz długości skreńcenia S, gdy jest ona mniejsza niż całkowita długość gwintu).

Na przykład:

M12x1 LH-7g6g -30

gwint metryczny o średnicy znamionowej (zewn.) $d = 12$ mm, drobnozwojny, o podziałce (skoku) $P = 1.0$ mm, lewy (LH), z polem tolerancji średnicy podziałowej 7g i średnicy zewnętrznej 6g, mający dużą długość skreńcenia L, równą 30 mm,

M64x3 (P1) - 8g

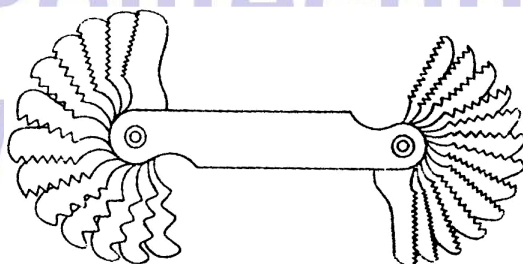
gwint metryczny o średnicy znamionowej $d = 64$ mm, trzykrotny, o skoku $P_h = 3$ mm i podziałce $P = 1$ mm, prawy, z polem tolerancji średnicy podziałowej i średnicy zewnętrznej 6g przy średniej długości skreńcenia N.

1.1.2 Pomiary gwintu

Wstępna identyfikacja gwintu

Wstępna identyfikacja gwintu obejmuje pomiar średnicy zewnętrznej (suwmiarką) oraz skoku i kąta zarysu gwintu (przez porównanie go z wzorcami zarysu gwintu MWGa).

Przeprowadzenie wstępnej identyfikacji gwintu jest niezbędne ze względu na konieczność doboru odpowiednich narzędzi pomiarowych do dokładnych pomiarów, m.in. powinna ona umożliwić stwierdzenie, czy mierzony gwint jest gwintem metrycznym (kąt $\alpha = 60^\circ$), czy calowym (kąt $\alpha = 55^\circ$).



Rysunek 1.1.3
Wzorce zarysu gwintu

Wzorce zarysu gwintów MWGa (rysunek 1.1.3) przeznaczone są do sprawdzania gwintów metrycznych o skokach od 0,4 do 6mm.

Pomiar średnicy podziałowej

Średnica podziałowa mierzona jest trzema metodami:

- mikrometrem do gwintów zewnętrznych,
- mikrometrem i wałeczkami pomiarowymi do gwintów (metoda trójwałeczkowa),
- mikroskopem uniwersalnym.

a) Pomiar średnicy podziałowej mikrometrem do gwintów zewnętrznych

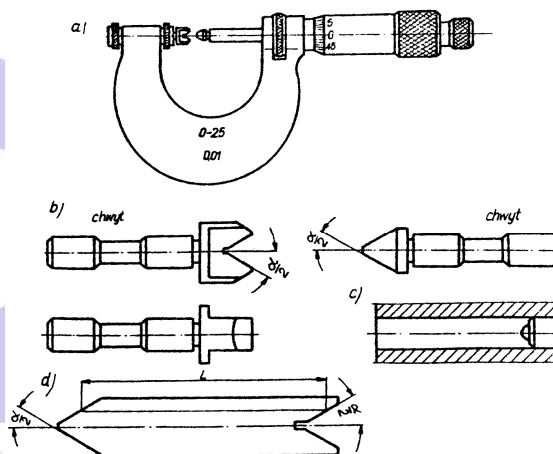
Mikrometry do pomiaru gwintów MMGe (rysunek 1.1.4) są wyposażone w komplet wymiennych końcówek pomiarowych (MMGg dla gwintów metrycznych i MMGh dla gwintów calowych) o określonym kształcie.

Tabela 1.1.1 Końcówki pomiarowe wymienne do średnic podziałowych gwintów wg PN- 73/M-53216 (tylko dla gwintów metrycznych $\alpha = 60^\circ$)

Nr końcówki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zakres skoków	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
gwintów metr.	0.5	0.6	0.8	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0

Końcówkę stożkową osadza się we wrzecionie, a końcówkę przyzmatyczną - w kowadełku mikrometru. Parę końcówek dobiera się dla mierzonego gwintu w zależności od jego skoku i kąta zarysu. Każda para końcówek jest przeznaczona dla pewnego zakresu skoków (tabela 1.1.1).

Politechnika
Warszawska



Rysunek 1.1.4 Mikrometr zewnętrzny do gwintów z wymiennymi końcówkami pomiarowymi a) widok mikrometru, b) końcówki pomiarowe wymienne do średnic podziałowych, c) gniazda we wrzecionie i kowadełku dla końcówek pomiarowych wymiennych, d) wzorzec nastawczy.

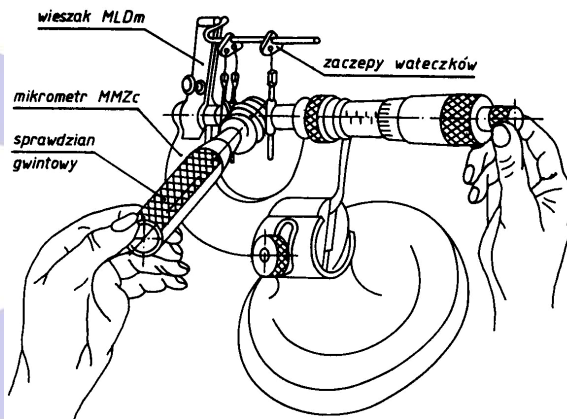
Mikrometry do pomiaru gwintów przeznaczone są do mierzenia średnic podziałowych od 2 do 100 mm gwintów metrycznych o skokach od 0.4 do 6 mm oraz gwintów calowych o liczbie skoków od 3 do 28 na długości 25.4 mm

Mikrometry zewnętrzne do gwintów mają działkę elementarną 0,01mm. Dokładność pomiaru, wynikająca z podanej w normie tolerancji wskazań, wynosi, z pewnym uproszczeniem, $\pm 0,02$ mm. Stąd też ich zastosowanie ogranicza się w zasadzie do pomiaru gwintów ogólnego przeznaczenia i zgrubnych.

b) Pomiar średnicy podziałowej metodą trójwałeczkową

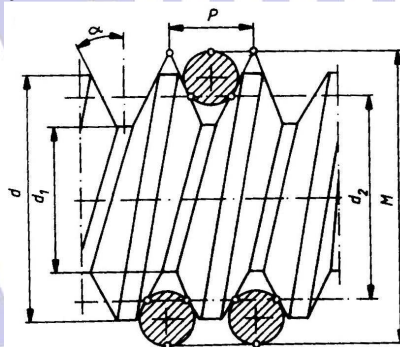
Trójwałeczkowa metoda pomiaru średnicy podziałowej gwintu polega na pomiarze odległości M trzech wałeczków pomiarowych o jednakowej średnicy, umieszczonych w odpowiednich bruzdach gwintu (rysunek 1.1.5).

Wałeczki z zaczepami zawieszają się na wieszakach, a mikrometr, służący do pomiaru rozstawienia wałeczków M mocuje się w podstawie (rysunek 1.1.5).



Rysunek 1.1.5 Zamocowanie mikrometru i wałeczków przy pomiarze średnicy podziałowej gwintu metodą trójwałeczkową.

Pomiar średnicy podziałowej gwintu zewnętrznego sposobem trójwałeczkowym jest pomiarem metodą pośrednią (rysunek 1.1.6).



Rysunek 1.1.6 Pomiar średnicy podziałowej metodą trójwałeczkową

Równanie określające związek pomiędzy d_2 a innymi wielkościami mierzonymi bezpośrednio wyprowadza się przy założeniu, że nieskończenie cienkie krążki kołowe, umieszczone w brzdach przekroju osiowego gwintu, stykają się z prostymi i symetrycznie położonymi bokami zarysu.

Ma ono postać:

$$d_{2teor} = M - d_w \left(1 + \frac{1}{\sin(0,5\alpha)} \right) + \frac{P}{2 \cdot \operatorname{tg}(0,5\alpha)} \quad (1)$$

gdzie: M – zmierzone rozstawienie wałeczków,
 d_w – średnica wałeczków pomiarowych,
 P – skok gwintu, α – kąt zarysu gwintu.

W praktyce, zamiast nieskończenie cienkich krążków, używa się wałeczków pomiarowych, których osie nie są prostopadłe do przekroju osiowego, lecz są skrócone o kąt wzniosu linii śrubowej. Z tej przyczyny równanie (1) jest korygowane poprawką A_1 ze względu na skrócenie wałeczków pomiarowych w brzdach gwintu. Poprawka ta jest wyznaczana z zależności:

$$A_1 = 0,076 \cdot d_w \cdot \left(\frac{P}{d_2} \right)^2 \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

Pomiar ponadto musi być przeprowadzony z użyciem nacisku pomiarowego, aby wałeczki przyjęły właściwe położenie. Konieczne jest zatem uwzględnienie odkształcenia sprężystego wałeczków i boków gwintu wywołane naciskiem pomiarowym. Uwzględnia to poprawka A_2 , określana wzorem empirycznym:

$$A_2 = 0,0004 \cdot \sqrt{\frac{Q^2}{d}} \quad [\text{mm}] \quad (3)$$

gdzie: Q – nacisk pomiarowy w [N]; (mikrometr od 3-7 N).

Poprawki A_1 i A_2 mają istotne znaczenie przy pomiarze gwintów o dużym kącie pochylenia linii śrubowej zwojów, w innych przypadkach - poprawki te nie mają znaczenia praktycznego.

Przy pomiarach gwintów dokładnych (np. sprawdzianów i przeciwsprawdzianów gwintowych) należy wprowadzić dodatkowe poprawki kompensujące błędy skoku, kąta zarysu i średnic wałeczków pomiarowych.

Ostatecznie średnicę podziałową gwintu oblicza się ze wzoru:

$$d_2 = d_{2\text{teor}} - A_1 + A_2 \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

Do obliczenia poprawek A_1 i A_2 używa się wartości nominalnych d , d_2 , P i α , bądź wartości bezpośrednio zaobserwowanych podczas pomiaru.

Błąd graniczny średnicy podziałowej metodą trój wałeczkową określa wzór:

$$e_{grd_2} = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial d_2}{\partial M}\right)^2 \cdot e_{grM}^2 + \left(\frac{\partial d_2}{\partial d_w}\right)^2 \cdot e_{grdw}^2 + \left(\frac{\partial d_2}{\partial P}\right)^2 \cdot e_{grP}^2 + \left(\frac{\partial d_2}{\partial \alpha}\right)^2 \cdot e_{gr\alpha}^2}$$

gdzie:

$$\frac{\partial d_2}{\partial M} = 1 \quad \frac{\partial d_2}{\partial d_w} = -\left(1 + \frac{1}{\sin(0,5\alpha)}\right)$$

$$\frac{\partial d_2}{\partial P} = \frac{1}{\operatorname{tg}(0,5\alpha)} \quad \frac{\partial d_2}{\partial \alpha} = \frac{2 \cdot d_w \cdot \cos(0,5\alpha) - P}{4 \cdot \sin^2(0,5\alpha)}$$

$e_{grM} = \pm 0,02$ mm (dokładność pomiaru wymiaru M mikrometrem zewnętrznym),

$e_{grdw} = \pm 0,0005$ mm (dokładność wykonania wałeczków pomiarowych),

$e_{grP} = \pm 0,004$ mm (dokładność pomiaru skoku gwintu na mikroskopie uniwersalnym),

$$e_{gr\alpha} = \pm 0,0002909 \cdot \left(2,5 + \frac{1,2}{F}\right) \text{ rad}$$

(dokładność pomiaru kąta zarysu na mikroskopie uniwersalnym, przy czym długość boku zarysu F wynosi dla gwintów metrycznych $F=5/8P$).

Z podanych zależności wynika, że dla danego gwintu wartości pochodnych cząstkowych: $\delta d_2/\delta d_w$, $\delta d_2/\delta M$ oraz $\delta d_2/\delta P$ są stałe i nie zależą od wykonujących pomiarów. Natomiast wartość pochodnej cząstkowej $\delta d_2/\delta \alpha$ może być sterowana przez dobór średnicy wałeczka pomiarowego d_w .

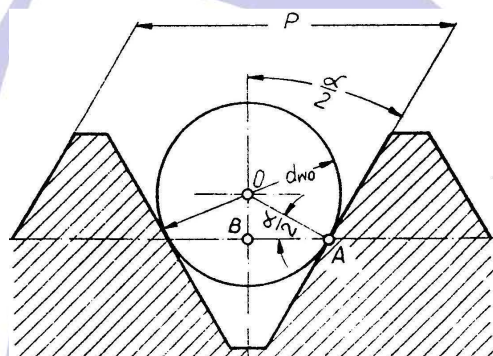
Optymalna średnica wałeczka d_w , przy której znika wpływ błędu kąta gwintu na błąd pomiaru średnicy podziałowej ($\delta d_2/\delta \alpha = 0$), wynosi:

$$d_{wo} = \frac{P}{2 \cos(0,5\alpha)}$$

Użycie w pomiarze wałeczków o średnicy optymalnej sprawia, że wpływ niedokładności wykonania kąta gwintu a na niedokładność średnicy pomiarowej jest pomijalnie mały.

Wałeczki o średnicy optymalnej stykają się z bokami występów gwintu na średnicy podziałowej (rysunek 1.1.7)

W praktyce wykorzystuje się wałeczki o tzw. średnicach zunifikowanych dw, które dobiera się z tabeli 2. Wówczas niedokładność pomiaru średnicy podziałowej jest w przybliżeniu równa: $e_{grd2} = e_{grM}$



Rysunek 1.1.7
Wałeczek pomiarowy o średnicy optymalnej

Tablica 1.1.2. Średnice zunifikowanych wałeczków pomiarowych dw dla gwintów metrycznych

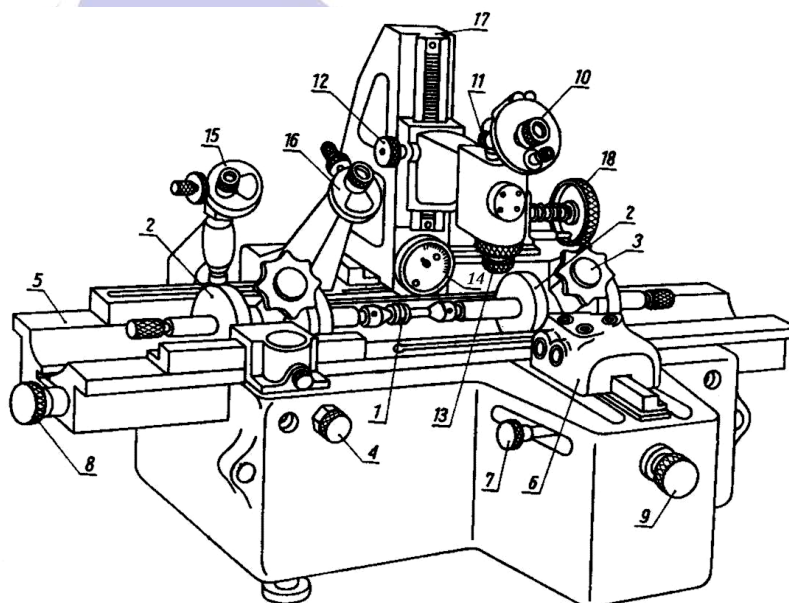
Średnica wałeczka zunifikowanego	Skok gwintu metrycznego P	Średnica wałeczka zunifikowanego	Skok gwintu metrycznego P
0,170	0,25 – 0,30	0,895	1,50
0,220	0,35	1,100	1,75
0,250	0,40	1,350	2,00
0,290	0,45 – 0,50	1,650	2,50
0,335	0,60	2,050	3,00 – 3,50
0,455	0,70 – 0,80	2,550	4,00 – 4,50
0,530	0,90	3,200	5,00 – 5,50
0,620	1,00	4,000	6,00
0,725	1,25		

c) Pomiar średnicy podziałowej na mikroskopie uniwersalnym

Pomiary metodami optycznymi są bezdotykowe tzn. podlega mu nie bezpośrednio mierzony przedmiot, lecz jego obraz uzyskany w odpowiednim układzie optycznym.

Uniwersalny mikroskop pomiarowy ma zakres pomiarowy rzędu 200 mm w kierunku obu osi współrzędnych. Do pomiaru przesunięć służą precyzyjne wzorce kreskowe, których wskazania odczytuje się za pomocą mikroskopów od-

czytowych z optycznym układem mikrometrycznym ze spiralą Archimedesesa (rysunek 1.1.9).

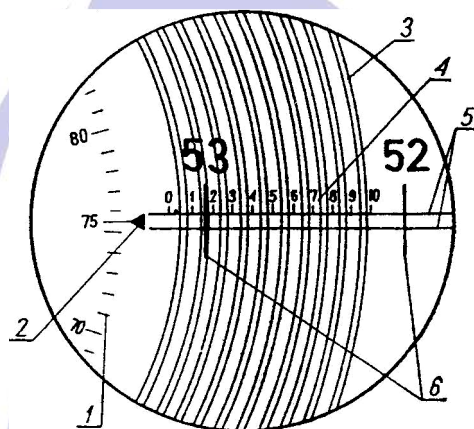


Rysunek 1.1.8. Mikroskop uniwersalny
 1 – przedmiot mierzony, 2 - koniki zaopatrzone w kły, 3 – śruby zaciskowe kłów, 4,7 – zaciski przesuwu sań, 5,6 – sanie podłużne, poprzeczne, 8,9 – bębny nastawcze, 10 - okularowa głowica goniometryczna, 11 – kółko obrotu siatki krzyża kreskowego, 12 – kółko ostrości zgrubnej, 13 – pierścień ostrości dokładnej, 14 – pierścień regulacji przeswitu przysłony, 15,16 - mikroskop odczytowy przesuwu wzdłużnego, poprzecznego, 17 - kolumna,18 - kółko do pochylania kolumny.

W głowicy znajduje się obrotowo ułożyskowana płytką z podwójną (dwunitkową) spiralą Archimedesesa, której skok (od zwoju do zwoju) wynosi 0.1 mm. Na brzegu pola widzenia znajduje się podziałka kołowa, obejmująca 100 działek (1). Jako przeciwwskaźnik służy podwójna kreska, nad którą znajduje się nieruchoma podziałka o wartości 0.1 mm i zakresie 1.0 mm, zgodnym z rozstawem głównego wzorca kreskowego, obserwowanego przez opisywany mikroskop.

W celu określenia wskazania wprowadza się kreskę milimetrową wzorca głównego symetrycznie między obie nitki najbliższego zwoju spirali w miejscu objętym obu kreskami przeciwwskaźnika. Dokonuje się tego przez pokręcanie spe-

cialnym pokrętle, znajdującym się przy głowicy goniometrycznej.



Rysunek 1.1.9.
Pole widzenia mikroskopu odczytowego ze spiralą Archimedesesa.

1 - podziałka kołowa, 2 - wskazówka podziałki kołowej, 3 - podwójna spirala Archimedesesa, 4 - podziałka 0.1 mm, 5 - podwójne kresy przeciwwskaźnika, 6 - kreski podziałki wzorca szklanego.

Wartość pełnych milimetrów jest podana wprost przy kreskach wzorca (na rysunku: 52 i 53). Należy wybrać tę, która znajduje się w zakresie podziałki 0.1 mm (a więc 53 mm).

Dziesiąte części milimetra wskazuje podziałka 0.1 mm nad podwójną kreską. Wskaźnikiem jest kreska wzorca (w tym przypadku: kreska oznaczona jako 53). Należy przyjąć niższą wartość z przedziału w którym znajduje się ta kreska (w tym przypadku znajduje się ona w przedziale 1 - 2, a więc należy przyjąć 1).

Tysięczne części milimetra odczytuje się z podziałki kołowej, wg- wskazówki stanowiącej zakończenie podwójnej kreski. Dzięki dużemu rozstawowi wskazów podziałki kołowej można jeszcze wygodnie rozróżnić ułamki milimetra. Odczyt, podanego na rysunku przykładu wskazania, powinien być następujący: 52,175.

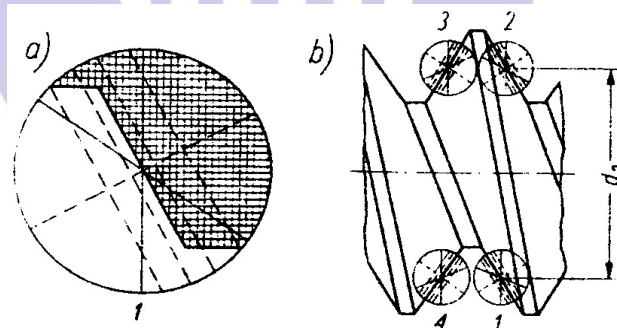
Zasada pomiaru średnicy podziałowej

Średnica podziałowa jest odległością - mierzoną prostopadle do osi gwintu - dwóch przeciwległych, jednakowo skierowanych boków zarysu. W celu osiągnięcia ostrości obrazu obu boków zarysu mierzonego gwintu, kolumnę z tubusem powinno pochylić się pod kątem ψ wzniosu linii śrubowej gwintu, równym:

$$\psi = \operatorname{arctg} \left(\frac{P}{\pi d_2} \right) \quad (6)$$

Ze względu na czasochłonność tego zabiegu i pomijalnie mały wpływ na dokładność pomiaru (dla gwintów o średnicy d poniżej 100 mm) zrezygnowano w ćwiczeniu z pochylenia kolumny z tubusem.

Pomiar średnicy podziałowej gwintu (rysunek 1.1.10) przeprowadza się w ten sposób, że po pokryciu środkowej kresy siatki okularu z boki zarysu gwintu tak, aby punkt przecięcia kres okularu leżał w przybliżeniu w połowie długości zarysu - odczytuje się wskazania głowicy mikrometrycznej przesuwu poprzecznego dla położenia 1, a następnie dla położenia 2. Różnica wskazań jest wymiarem średnicy podziałowej.



Rysunek 1.1.10 Pomiar średnicy podziałowej gwintu na mikroskopie uniwersalnym a) ustawienie kres głowicy, b) schemat pomiaru.

Dla wyeliminowania wpływu błędów ustawienia gwintu (błąd nierównoległości osi pomiarowej mikroskopu i osi gwintu) na dokładność wyniku pomiaru należy ponadto zmierzyć średnicę podziałową w położeniach 3 i 4, a jako prawidłowy wymiar d_2 przyjąć średnią arytmetyczną obu wyników pomiaru.

Graniczny błąd pomiaru średnicy podziałowej wynosi:

$$e_{grd2} = \pm 0,001 \cdot \left(2,5 + \frac{1}{\sin(0,5\alpha)} + \frac{d_2}{8} \right) \quad [\text{mm}] \quad (7)$$

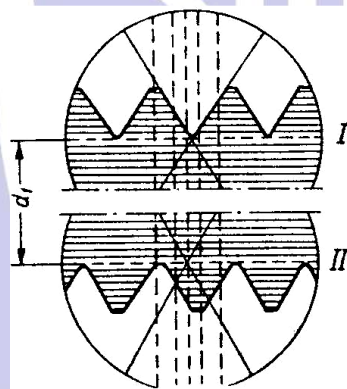
Pomiar średnicy zewnętrznej gwintu

Średnicę zewnętrzną gwintu, d , mierzy się ogólnie dostępnymi przyrządami do pomiaru wymiarów zewnętrznych z płaskimi końcówkami pomiarowymi.

Niedokładność pomiaru można przyjmować taką samą, jak w pomiarach wałków (przy pomiarze mikrometrem: ± 0.02 mm).

Pomiar średnicy wewnętrznej gwintu na mikroskopie uniwersalnym

W celu zmierzenia średnicy wewnętrznej d_i gwintu na mikroskopie uniwersalnym należy, po ustawieniu głowicy goniometrycznej w położeniu odpowiadającym położeniu kątowemu 0° lub 180° , doprowadzić do pokrycia przerywanej kresy w okularze głowicy z zarysem dna wrębu gwintu (rysunek 1.1.11).



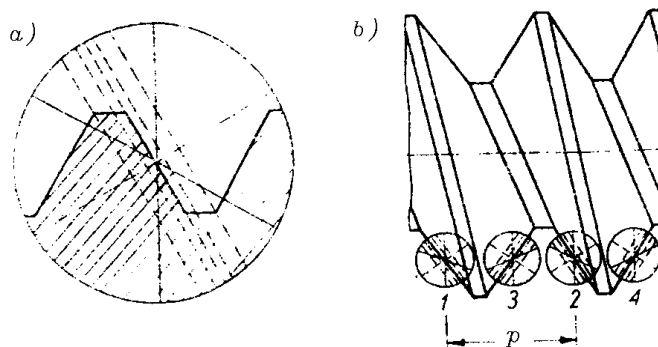
Rysunek 1.1.11
Pomiar średnicy wewnętrznej gwintu na mikroskopie

Następnie dokonuje się odczytań przesuwu poprzecznego dla położen I i II. Różnica odczytań jest średnicą wewnętrzną gwintu.

Błąd wyniku pomiaru wynosi: ± 0.004 mm.

Pomiar podziałki gwintu na mikroskopie uniwersalnym

Pomiar podziałki gwintu na mikroskopie uniwersalnym przeprowadza się w ten sposób, że doprowadza się do pokrycia przerywanej kresy okularu głowicy goniometrycznej z zarysem gwintu (rysunek 1.1.12).



Rysunek 1.1.12 Pomiar podziałki gwintu na mikroskopie uniwersalnym a) ustawienie kres głowicy goniometrycznej, b) schemat pomiaru.

Punkt przecięcia kreski siatki okularu powinien leżeć w przybliżeniu w połowie długości boku zarysu gwintu. Dokonuje się odczytu dla położenia 1. Następnie przesuwa się gwint do pokrycia się sąsiedniego, jednoimiennego zarysu z przerywaną kreską okularu (położenie 2) i ponownie dokonuje odczytu. Różnica odczytań odpowiada podziałce gwintu. W celu wyeliminowania wpływu niesymetrii kąta zarysu gwintu a należy dokonać pomiarów dla prawej i lewej strony zarysu (położenia 1 i 2 oraz 3 i 4). Natomiast skompensowanie błędu systematycznego, wywołanego nierównoległym położeniem osi gwintu względem wzdłużnego przesuwu mikroskopu wymaga przeprowadzenia takich samych pomiarów również po drugiej stronie gwintu. Podziałkę gwintu określa się średnią arytmetyczną z tych czterech pomiarów.

Graniczny błąd pomiaru skoku na dużym mikroskopie uniwersalnym wynosi:

$$e_{grP} = \pm 0,001 \cdot \left(0,5 + \frac{1}{\cos(0,5\alpha)} + \frac{P}{16} \right) \quad [\text{mm}] \quad (8)$$

Pomiar kąta gwintu na mikroskopie uniwersalnym

Pomiar kąta gwintu prowadzi się w następujący sposób: środkową przerywaną kreską siatki okularu głowicy goniometrycznej sprowadza się do pokrycia z bokiem zarysu gwintu i dokonuje się odczytu w okularze odczytowym. Następnie tę samą środkową przerywaną kreską siatki okularu sprowadza się do pokry-

cia z krawędzią sąsiedniego boku zarysu gwintu i powtórnie dokonuje się odczytu w okularze odczytowym. Wartością kąta gwintu jest różnica obu odczytów. W celu skompensowania błędu systematycznego, spowodowanego nieprostokątnym położeniem osi gwintu względem wzłużnego przesuwu mikroskopu należy przeprowadzić pomiary kąta zarysu po obu stronach gwintu, a jako jego wartość przyjąć średnią arytmetyczną obu pomiarów.

Graniczny błąd pomiaru kąta α w minutach wynosi:

$$e_{gr\alpha} = \pm \left(2,5 + \frac{1,2}{F} \right) ['] \quad (9)$$

przy czym długość boku zarysu w F wynosi dla gwintów metrycznych:

$$F = 5/8 P$$

1.1.3 Przebieg ćwiczenia

Dla otrzymanego od prowadzącego gwintu należy dokonać:

- 1) Pomiar średnicy podziałowej za pomocą mikrometru do gwintów.
 - Zidentyfikować wstępnie gwint:
 - rodzaj (kąt zarysu),
 - średnica znamionowa,
 - skok.
 - Korzystając z Polskich Norm :
 - znaleźć wartość średnicy podziałowej,
 - znaleźć wartość odchyłek,
 - obliczyć wartość max. i min. średnicy podziałowej.
 - Za pomocą mikrometru MMGe zmierzyć średnicę podziałową (5 – krotnie i podać wartość średnią) oraz określić błąd graniczny pomiaru,
 - Ustosunkować się do otrzymanego wyniku.
- 2) Pomiar średnicy podziałowej metodą trójwałeczkową.

- Korzystając z Polskich Norm dobrać, dla gwintu podanego na rysunku, zunifikowaną średnicę wałeczków pomiarowych,
 - Zmierzyć mikrometrem MMZb rozstaw wałeczków,
 - Obliczyć wartość średnicy podziałowej i błędu granicznego,
 - Korzystając z Polskich Norm i tabl. nr 2 znaleźć, dla gwintu podanego na rysunku, obliczyć wartość M , znaleźć odchyłki i ustosunkować się do uzyskanego pomiaru M .
- 3) Wykonać następujące pomiary na mikroskopie uniwersalnym:
- zmierzyć średnicę zewnętrzną i wewnętrzną gwintu,
 - zmierzyć średnicę podziałową gwintu,
 - zmierzyć skok gwintu,
 - zmierzyć kąt zarysu gwintu.
- 4) Wypełnić protokoły ćwiczenia.

Literatura:

1. Białas S.: Metrologia techniczna z podstawami tolerowania wielkości geometrycznych dla mechaników. Ofic. Wyd. PW, 2006.
2. Jakubiec W., Malinowski J.: Metrologia wielkości geometrycznych. WNT, Warszawa 2004.
3. Praca zbior. - red. B. Nowicki, J. Zawora: Metrologia wielkości geometrycznych – ćwiczenia laboratoryjne. Ofic. Wyd. PW, 1998.
4. PN-ISO 68-1: 2000 Gwinty ogólnego przeznaczenia. Zarys nominalny. Gwinty metryczne.
5. PN-ISO 724: 1993 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Wymiary nominalne.
6. PN-ISO 965-1: 2001 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje. Część 1- Zasady i dane podstawowe.
7. PN-ISO 965-2: 2001 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje. Część 2- Wymiary graniczne gwintów zewnętrznych i wewnętrznych. Klasa średniokładna.

8. PN-ISO 965-1: 2001 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje. Część 3- Odchyłki gwintów maszynowych.



**Politechnika
Warszawska**