

POLITECHNIKA  **BIAŁOSTOCKA**
WYDZIAŁ INŻYNIERII ZARZĄDZANIA



KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

PODSTAWY TECHNIKI I TECHNOLOGII

Kod przedmiotu: **ISO1123, INO1123**

Numer ćwiczenia: 21

Temat: Zastosowanie wybranych narzędzi pomiarowych do pomiaru gwintów metrycznych

Opracowanie:

mgr inż. Krzysztof Połubiński

mgr inż. Patrycja Rogowska

Białystok 2018

Cel ćwiczenia: Celem ćwiczenia jest zapoznanie się studentów z bezpośrednimi i pośrednimi technikami pomiaru wielkości powierzchni śrubowej gwintu oraz zdobycie umiejętności stosowania typowych przyrządów pomiarowych do pomiaru geometrii powierzchni złożonych.

1. PODSTAWY TEORETYCZNE

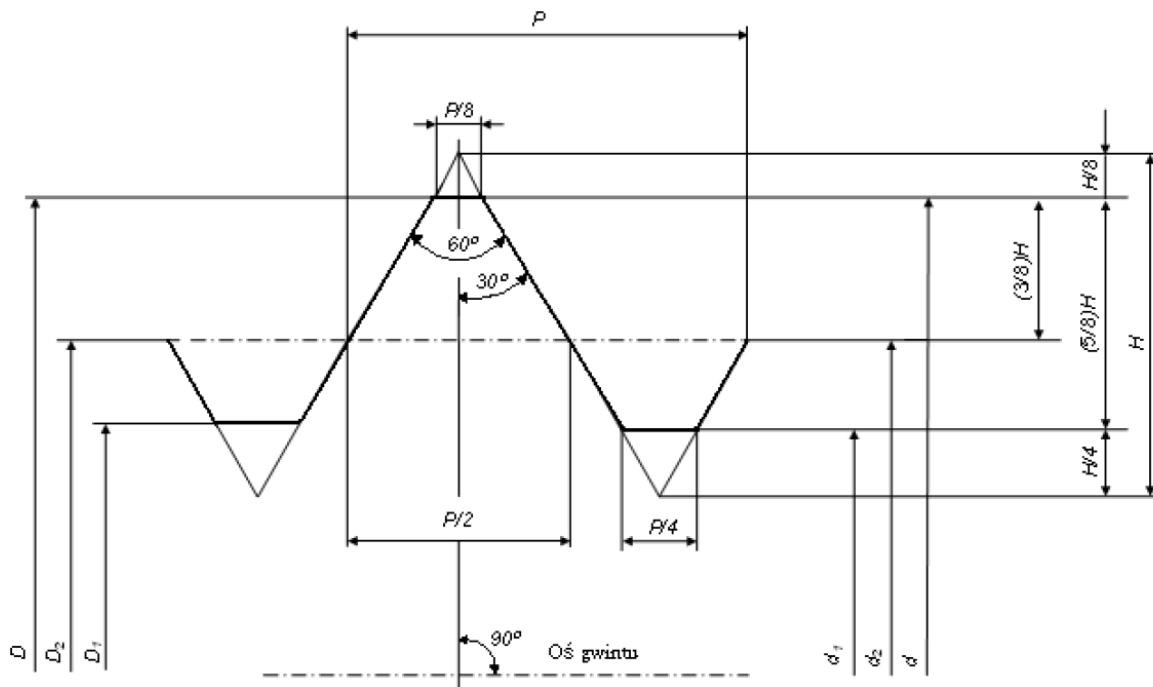
Rozróżnia się gwinty zewnętrzne i wewnętrzne. Pierwsze utworzone są na zewnętrznej powierzchni, drugie zaś na wewnętrznej. Gwinty zewnętrzne i wewnętrzne nazywa się także gwintami śruby i nakrętki. Gwinty wykonuje się na powierzchni walcowej lub stożkowej, stąd nazwy: gwinty walcowe, gwinty stożkowe.

Podstawowe wielkości charakteryzujące gwint (Rys.1) to:

- **Średnica zewnętrzna (d - średnica zewnętrzna gwintu zewnętrznego (średnica znamionowa), D - średnica zewnętrzna gwintu wewnętrznego (średnica znamionowa))** jest to średnica wyobraźnego walca opisanego na wierzchołkach występów w przypadku gwintu zewnętrznego (gwintu śruby) lub opisanego na dnach bruzd w przypadku gwintu wewnętrznego (gwintu nakrętki).
- **Średnica wewnętrzna (d_1 - średnica wewnętrzna gwintu zewnętrznego, D_1 - średnica wewnętrzna gwintu wewnętrznego)** jest to średnica wyobraźnego walca opisanego na dnach bruzd w przypadku gwintu zewnętrznego (gwintu śruby) lub opisanego na wierzchołkach występów w przypadku gwintu wewnętrznego (gwintu nakrętki).
- **Średnica podziałowa (d_2 - średnica podziałowa gwintu zewnętrznego, D_2 - średnica podziałowa gwintu wewnętrznego)** jest to średnica wyobraźnego walca, którego oś pokrywa się z osią gwintu, a jego powierzchnia boczna przecina gwint w ten sposób, że szerokość występów i bruzd wzdłuż tworzącej są sobie równe.
- **Kąt gwint α** jest to kąt między różnoimiennymi bokami zarysu i dla gwintów metrycznych jest on równy 60°.
- **Kąt boku** jest to kąt między bokiem zarysu i prostą prostopadłą do osi gwintu. W gwintach metrycznych kąt boku wynosi 30°.
- **Podziałka (P)** jest to odległość osiowa między dwoma odpowiadającymi sobie punktami na najbliższych jednoimiennych bokach gwintu. Ze względu na wartość

podziałki rozróżnia się gwinty zwykłe i gwinty drobnozwojne, których podziałka jest mniejszej od podziałki gwintu zwykłego.

- **Skok linii śrubowej (Ph)** odnosi się do gwintów wielokrotnych i jest związany z podziałką zależnością $Ph = nP$, gdzie n jest krotnością gwintu.
- **Długość skręcenia** jest to długość osiowa, na której może występować styk gwintu zewnętrznego i wewnętrznego. Norma wyróżnia trzy długości skręcenia: S - małą, N - średnią i L - długą.
- **Wysokość trójkąta podstawowego gwintu - H.**



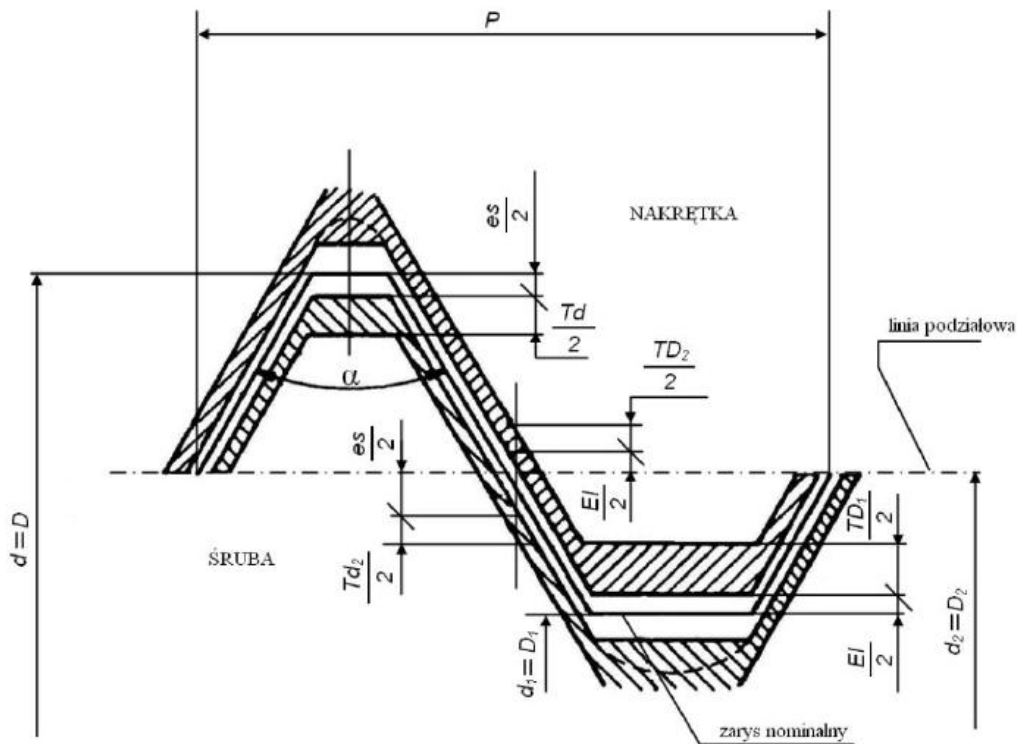
Rysunek 1. Zarys nominalny złącza gwintowego.

TOLEROWANIE GWINTÓW METRYCZNYCH

Wymiary przedmiotów na rysunkach noszą nazwę wymiarów nominalnych oznaczanych symbolem N. W praktyce wymiary nominalne są nieosiągalne ze względu na nieunikalne błędy wykonania i dlatego wymiary rzeczywiste są zawsze nieco większe lub mniejsze od wymiarów nominalnych.

Tolerowanie wymiaru polega na określeniu dwóch wymiarów granicznych: **dolnego A** i **górnego B**, między którymi powinien się znaleźć wymiar przedmiotu.

Zarówno gwinty zewnętrzne jak i wewnętrzne toleruje się w głąb materiału przyjmując za linię zerową zarys nominalny gwintu. W gwintach zewnętrznych (śrubach) tolerowana jest średnica podziałowa d_2 i średnica zewnętrzna d , a w gwintach wewnętrznych (nakrętkach) średnica podziałowa D_2 i średnica otworu D_1 (Rys.2). Kąt zarysu i skok gwintu nie są tolerowane, ich błędy uwzględniane są w tolerancjach średnic podziałowych. W szczególnych przypadkach mogą być one tolerowane, np. w gwintach narzędzi pomiarowych lub skrawających.



Rysunek 2. Pola tolerancji gwintu zewnętrznego (śruby) i gwintu wewnętrznego (nakrętki)

Charakter pasowania zależy od wzajemnego położenia pól tolerancji średnic podziałowych śruby i nakrętki. Rozróżnia się tu pasowanie ciasne, luźne i suwliwe. Pasowanie suwliwe jest szczególnym przypadkiem pasowania luźnego, przy którym luz przyjmuje wartość równą zero lub wartości dodatnie (przy pasowaniu luźnym luz ma zawsze wartość dodatnią). Zbiór szeregów tolerancji i pól tolerancji tolerowanych średnic przedstawia Tabela 1.

Tabela 1 Tolerowane średnice gwintów

Tolerowana średnica	Szereg tolerancji	Położenie pola tolerancji
d₂	3,4,5,6,7,8,9	e,f,g,h
d	4,6,8	
D₂	4,5,6,7,8	E,F,G,H
D₁	4,5,6,7,8	

OZNACZENIA GWINTÓW METRYCZNYCH

Oznaczenie gwintu metrycznego (zgodnie z normą PN-ISO 965-1) składa się z litery M i następującą po niej wartością średnicy znamionowej gwintu oraz podziałki, wyrażonych w milimetrach i rozdzielonych znakiem x.

W przypadku gwintów o podziałce zwykłej oznaczenie podziałki może być pominięte.

Przykład:

M20x1,5 – oznacza gwint metryczny o średnicy znamionowej 20 mm i podziałce 1,5 mm.

M20 – oznacza gwint metryczny o średnicy znamionowej 20 mm i podziałce zwykłej.

Gwinty metryczne wielokrotne oznaczają się (zgodnie z normą PN-ISO 965-1) literą M i następującą po niej wartością średnicy znamionowej, znakiem x, literami Ph i wartością skoku, literą P i wartością podziałki, poziomej kreski i polem tolerancji. Średnica znamionowa, skok i podziałka wyrażone są w milimetrach.

Przykład:

M20xPh3P1,5-6g – oznacza gwint metryczny dwukrotny (dwuzwojny) o średnicy znamionowej 20 mm, o skoku 3 mm, podziałce 1,5 mm wykonany w tolerancji 6g.

W przypadku gwintu lewozwojnego, na końcu oznaczenia gwintu należy dodać litery **LH** oddzielone poziomą kreską.

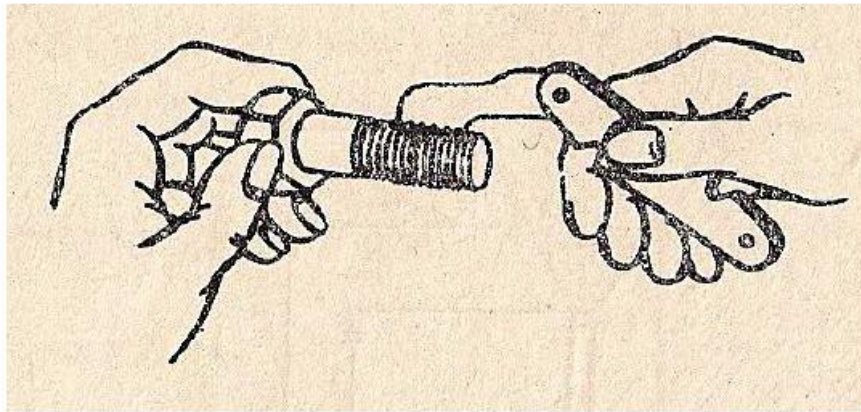
Przykład:

M10 x 1 – LH

M20 x Ph3 P1,5 – 6g – LH

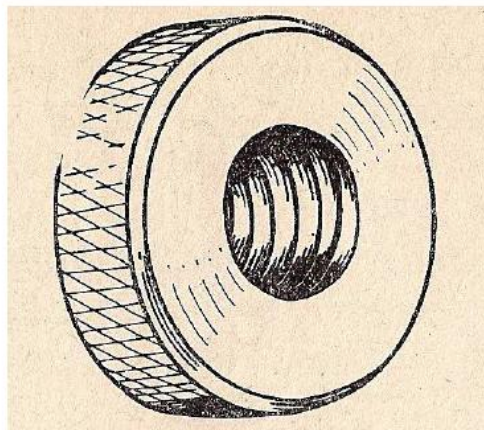
SPRAWDZANIE GWINTÓW

Do orientacyjnego sprawdzania skoku i kąta zarysu **gwintu zewnętrznego** są przystosowane wzorniki do gwintów (Rys.3). Sprawdzenie zarysu zewnętrznego gwintu polega na przeprowadzeniu oceny zgodności i równomierności szczeliny świetlnej, która tworzy się pomiędzy gwintem, a płytką wzornika najdokładniej pasującą do zarysu sprawdzanego gwintu. Na poszczególnych płytkach wzornika oznaczone są skoki odpowiednich gwintów oraz ewentualne wartości kątów zarysu.



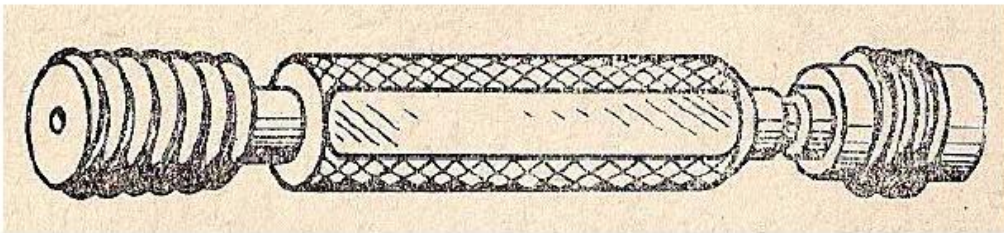
Rysunek. 3 Przykład sprawdzania gwintu zewnętrznego wzornikiem do gwintów

Sprawdziany do gwintów mogą być jedno - lub dwugraniczne. Jednograniczny, pierścieniowy sprawdzian przechodni do gwintu przedstawiono na Rys.4. Podczas wykonywania sprawdzianu gwintu sprawdzianem przechodnim, sprawdzian powinien dać się swobodnie wkręcić na całą długość sprawdzanego gwintu. Nie dopuszczalne jest jakiegokolwiek zacięcie pierścienia bądź też używanie siły do przekręcenia pierścienia.

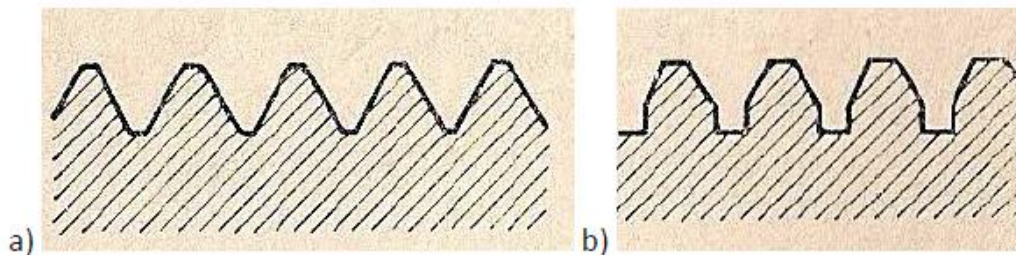


Rysunek. 4 Jednograniczny przechodni sprawdzian pierścieniowy do gwintu zewnętrznego

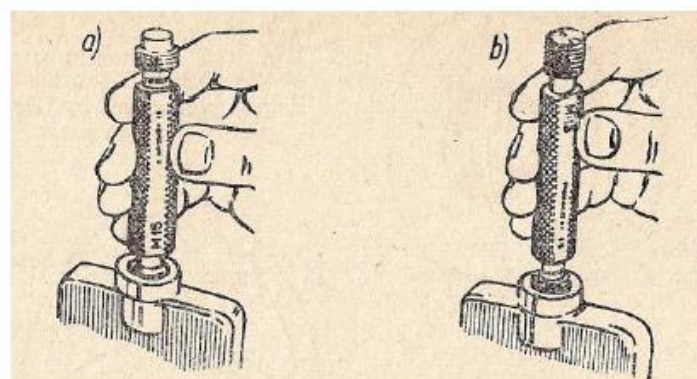
Sprawdzanie **gwintów wewnętrznych** wykonuje się trzpieniowymi sprawdzianami gwintowymi. Rozróżnia się gwintowe sprawdziany trzpieniowe jedno - i dwugraniczne (Rys.5). Sprawdzany gwint zewnętrzny uważa się za dobry gdy strona przechodnia sprawdzianu daje się wkręcać do sprawdzanego otworu, a strona nieprzechodnia nie wkręca się lub daje się wkręcać tylko na jeden obrót. Stronę przechodnią można odróżnić od nieprzechodniej po tym, że na trzpieniu strony nieprzechodniej nacięty jest pierścień pomalowany na czerwono, a zwoje gwintu są spłaszczone (Rys.6a). Na stronie przechodniej jest więcej zwojów niż na nieprzechodniej, a ich zarys jest normalny (Rys.6b).



Rysunek 5. Dwustronny dwugraniczny sprawdzian trzpieniowy do gwintu wewnętrznego



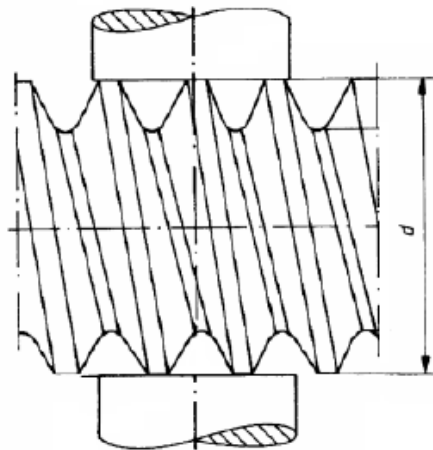
Rysunek 6. Zarysy gwintów sprawdzianów: a) przechodniego, b) nieprzechodniego



Rysunek 7. Przykład sprawdzania nagwintowanego otworu za pomocą trzpieniowego sprawdzianu do gwintów stroną a) przechodnią, b) nieprzechodnią

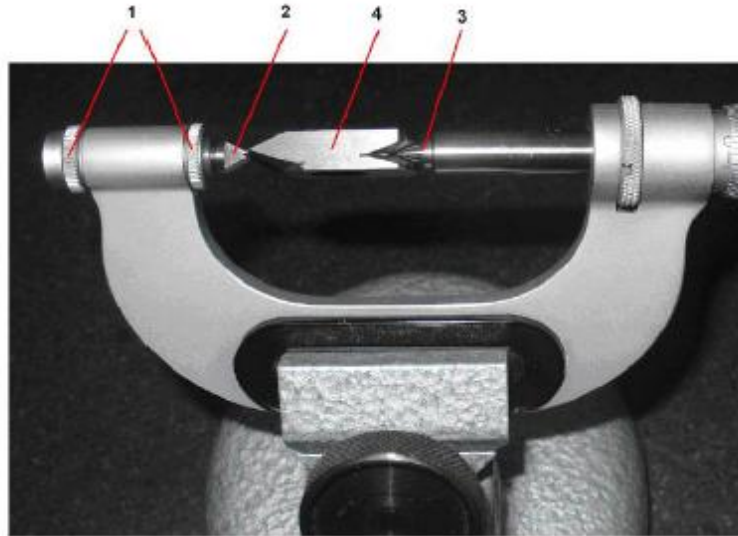
2. POMIARY GWINTÓW

Pomiar średnicy zewnętrznej gwintu zewnętrznego za pomocą mikrometru przeprowadza się z wykorzystaniem końcówek płaskich (Rys.8). Przed pomiarem należy sprawdzić, czy narzędzie jest wykalibrowane.



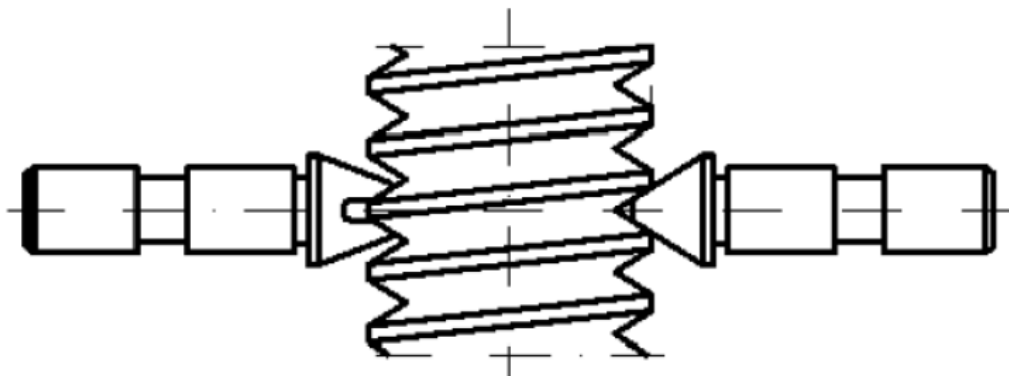
Rysunek 8. Pomiar średnicy zewnętrznej gwintu zewnętrznego

Do pomiaru średnicy podziałowej gwintu zewnętrznego używa się dedykowanych do tego celu końcówek. Końcówki należy dobrać wg skoku gwintu. Przy zakładaniu końcówek należy zwrócić uwagę, że końcówka pryzmatyczna 2 powinna być założona po stronie kowadełka, a końcówka stożkowa 3 po stronie wrzeciona (Rys.9.). Przed pomiarem mikrometr należy wykalibrować. Mikrometry o zakresie pomiarowym 0-25 mm kalibruje się poprzez ustawienie go na wymiar 0, zablokowanie bębena i doprowadzenia do zetknięcia wymiennych końcówek przesuważając kowadełko za pomocą nakrętek 1. Mikrometry o innych zakresach pomiarowych kalibruje się na wzorcu nastawczym 4. W tym celu mikrometr z założonymi końcówkami należy ustawić na wymiar, który widnieje na wzorcu, a następnie zablokować obrót bębena. Wzorzec umieszcza się pomiędzy końcówkami pomiarowymi i odpowiednio przesuwa się kowadełko, tak aby unieruchomić wzorzec bez nadmiernego ściskania go.



Rysunek 9. Wzorcowanie mikrometru: 1- regulacja przesunięcia konika, 2 - końcówka pryzmatyczna, 3 - końcówka stożkowa, 4 - wzorzec nastawczy do gwintów

Pomiar średnicy podziałowej przeprowadza się jak na poniższym Rys.10.

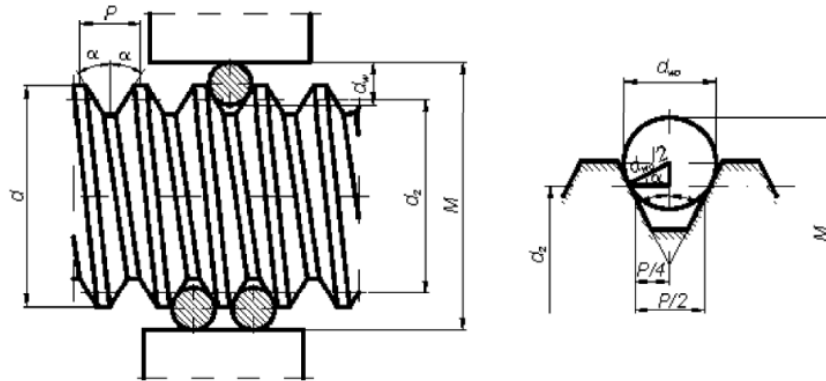


Rysunek 10. Pomiar średnicy podziałowej mikrometrem z wymiennymi końcówkami

METODA TRÓJWAŁECZKOWA

Pomiar średnicy podziałowej za pomocą trzech wałeczków pomiarowych jest pomiarem pośrednim, polegającym na zmierzeniu odległości pomiędzy wałeczkami ułożonymi we wrębach gwintu (Rys.11). Jest to jedna z najdokładniejszych metod pomiaru średnicy podziałowej gwintu zewnętrznego. Metoda ta polega na umieszczeniu w brzdach po obu stronach mierzonego gwintu trzech wałeczków mierniczych o tak dobranej średnicy d_w , żeby ich stykanie się z powierzchniami zwoju gwintu następowało w pobliżu średnicy podziałowej oraz na zmierzeniu wymiaru pomocniczego M (Rys.11). Wymiar ten można zmierzyć za

pomocą mikrometru. Przed rozpoczęciem pomiaru należy ustalić rodzaj gwintu (metryczny lub calowy) oraz określić jego skok (co można wykonać posługując się wzornikiem do gwintu). W następnej kolejności oblicza się optymalną średnicę wałeczka mierniczego wg wzoru:



Rysunek 11. Schemat do pomiaru średnicy podziałowej gwintu zewnętrznego metodą trój wałeczkową

Średnicę podziałową gwintu metrycznego oblicza się wg wzoru:

$$d_{w0} = \frac{P}{2 \cos \alpha / 2}$$

gdzie:

P - skok gwintu,
 α - kąt boku gwintu.

W praktyce przestrzega się zasady, aby wałeczki stykały się z występem gwintu w granicach jednej ósmej długości boku zarysu (Rys.11).

Średnicę podziałową mierzonego gwintu oblicza się wg wzoru:

$$d_2 = M_{sr} - d_w \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) + \frac{P}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \Delta_1 + \Delta_2$$

gdzie:

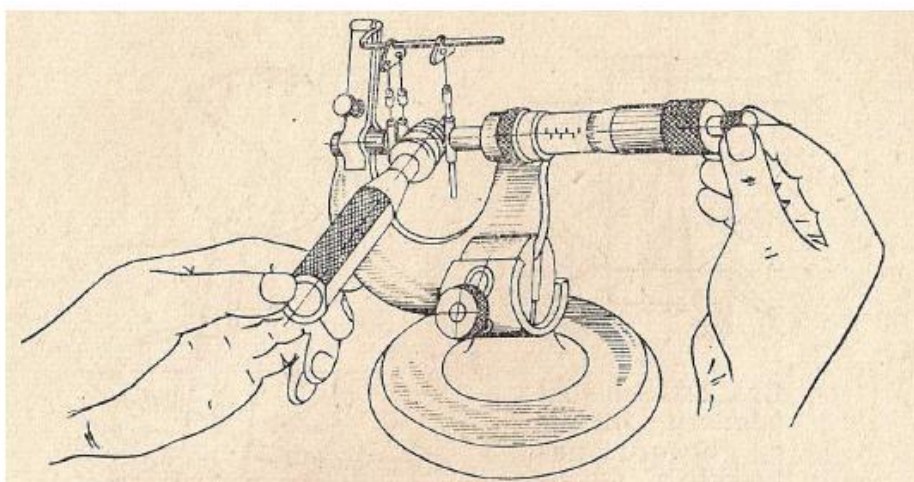
M_{sr} - zmierzone rozstawienie wałeczków,
 Δ_1 - poprawka na skręcanie wałeczków w bruzdach gwintu,
 Δ_2 - poprawka na sprężyste odkształcenie spowodowane naciskiem pomiarowym.

Poprawkę uwzględniającą skrócenie wałeczków w brzdach gwintu oblicza się w mm wg wzoru:

$$\Delta_1 = \frac{d_w}{2} \left(\frac{P}{\pi d_{2n}} \right)^2 \cos \frac{\alpha}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad [\text{mm}]$$

gdzie:

d_{2n} - jest nominalną średnicą podziałową gwintu przyjętą z tablic zawartych w normach lub poradnikach technicznych.



Rysunek 12. Mierzenie mikrometrem wymiaru pomocniczego M przy trójwałeczkowej metodzie pomiaru średnicy podziałowej gwintu

Poprawkę uwzględniającą sprężyste odkształcenia powierzchniowe oblicza się w mm wg wzoru:

$$\Delta_2 = 0,004 \sqrt[3]{\frac{p^2}{d_n}} \quad [\text{mm}]$$

gdzie:

$p \sim 1,0 \text{ kG}$ - nacisk mierniczy mikrometru,

d_n - nominalna średnica zewnętrzna mierzonego gwintu

Tabela 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		

Do obliczenia poprawek 1δ i 2δ przyjmuje się wartości nominalne d_2 i d , które zawarte są w PN-ISO 724.

Niepewność pomiaru średnicy podziałowej w pomiarze sposobem trójwałeczkowym e_{pd2} dla gwintów metrycznych oblicza się według wzoru:

$$e_{pd2} = \pm \sqrt{e_{pM}^2 + 9e_{pdw}^2 + 0,75e_{pP}^2 + 0,2523\Delta^2 e_{p\alpha}^2}$$

gdzie:

e_{pM} , e_{pdw} , e_{pP} , $e_{p\alpha}$ są niepewnościami pomiaru wielkości mierzonych bezpośrednio, tj. długości pomiarowej M , średnicy wałeczka d_w , podziałki P i kąta gwintu α . Niepewność pomiaru długości podaje się w μm , a niepewność pomiaru kąta gwintu w minutach kątowych. $\Delta = (d_w - d_{D0})$, mm. Za niepewność pomiaru średnicy wałeczków pomiarowych przyjmuje się najczęściej ich odchyłki graniczne, tj. wartość $\pm 0,5 \mu\text{m}$.

Wałeczki pomiarowe stosuje się również do pośrednich pomiarów stożków, klinów i promieni łuków kołowych.

Znormalizowany komplet wałeczków pomiarowych składa się z zespołu trójek o jednakowej średnicy nominalnej, obejmujących wszystkie średnice określonego rodzaju wałeczków. Komplet wałeczków pomiarowych z zaczepami zawiera 21 trójek wałeczków o średnicy $d_w = 0,170 \div 6$.

2. WYPOSAŻENIE STANOWISKA POMIAROWEGO

Stanowisko laboratoryjne jest wyposażone w:

- elementy gwintowe (pomiarowe),
- suwmiarkę,
- mikrometr zewnętrzny,
- wzorniki do gwintów,
- wałeczki pomiarowe do gwintów,
- instrukcję do ćwiczeń.

3. PRZEBIEG REALIZACJI ĆWICZENIA

Dla danego gwintu należy dokonać:

1. Wstępnej identyfikacji (wzorce zarysu, suwmiarka).
2. Pomiaru suwmiarką średnicy zewnętrznej, następnie wyznaczyć błędy poszczególnych pomiarów (łącznie z ich porównaniem z wartościami znormalizowanymi). Wyniki pomiarów zapisać w tabeli 1.

Tabela 1. Pomiar gwintów metrycznych

L.p.	Fotografia elementu gwintowego	Uproszczony rysunek techniczny (z wymiarami)	Pomiar średnica x podziałka	Wymiar nominalny	Błąd względny
1.					
2.					
...					
n					

3. Pomiaru średnicy podziałowej metodą trój wałeczkową dla 3 wybranych gwintów.
4. Analizy otrzymanych wyników - wnioski.

4. SPRAWOZDANIE

Sprawozdanie studenckie powinno zawierać:

1. Cel i zakres ćwiczenia laboratoryjnego.
2. Opis stanowiska badawczego.

3. Przebieg realizacji eksperymentu.
4. Zestawienie i analiza wyników badań, przykłady obliczeń.
5. Wnioski wynikające z przeprowadzonych pomiarów.

5. Pytania kontrolne

1. Wyjaśnij różnicę między gwintem zewnętrznym a wewnętrznym.
2. Wymień i opisz wielkości charakteryzujące gwint. Zobrazuj podstawowe wielkości na rysunku.
3. Wyjaśnij co oznacza tolerowanie wymiaru (gwintu).
4. Wyjaśnij zasadę oznaczenia gwintów metrycznych oraz gwintów metrycznych wielokrotnych. Podaj przykład.
5. Wyjaśnij pojęcie sprawdzanie gwintów oraz wymień i opisz sprawdziany do gwintów.
6. Wyjaśnij na czym polega metoda trójwałeczkowa.

6. Literatura

1. Jakubiec W., Malinowski M.: Metrologia wielkości geometrycznych. WNT Warszawa 2004.
2. Grudanowski P., Meller A.: Laboratorium metrologii warsztatowej i inżynierii jakości. Politechnika Gdańska. Gdańsk 2006.
3. Białas S.: Metrologia techniczna z podstawami tolerowania wielkości geometrycznych dla mechaników. Oficyna Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
4. Kolman R.: Technika pomiarów warsztatowych, PWSZ, Warszawa 1969.
5. Praca zbiorowa pod ref. E. Ratajczaka. Laboratorium pomiarów wielkości geometrycznych. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej. Warszawa 1980.
6. PN-ISO 68-1:2000 Gwinty ogólnego przeznaczenia. Zarys nominalny. Gwinty metryczne.
7. PN-ISO 724:1993 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Wymiary nominalne.
8. PN-ISO 965-1:2001 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje.

7. Wymagania BHP

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