



Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych
Politechnika Poznańska

ul. Jana Pawła II 24 60-965 POZNAŃ
(budynek Centrum Mechatroniki, Biomechaniki i Nanoinżynierii)
www.zmisp.mt.put.poznan.pl tel. +48 61 665 35 70 fax +48 61 665 35 95

POMIARY POŚREDNIE

POZNAŃ III.2017

© ZMiSP

1. CEL I ZAKRES ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest poznanie sposobów obliczania wartości niepewności pomiaru wielkości mierzonej metodą pośrednią oraz zastosowanie takiego sposobu pomiaru, który zapewni otrzymanie założonej dokładności. Ćwiczenie obejmuje dokonanie pomiarów bezpośrednich wyznaczonych przedmiotów i w oparciu o otrzymane wyniki oraz znane dokładności pomiarów bezpośrednich wyznaczenie niepewności pomiaru wielkości mierzonej pośrednio.

2. ZAKRES OBOWIĄZUJĄCEGO MATERIAŁU

- definicja niepewności pomiaru, [1,2]
- definicja pomiaru pośredniego, [1,2]
- metody obliczania niepewności pomiaru pośredniego, [1,2]
- umiejętność posługiwania się suwmiarką uniwersalną, wysokościomierzem suwmiarkowym, mikromierzem do wymiarów zewnętrznych i wewnętrznych.

3. LITERATURA

1. Jakubiec W.; Malinowski J.: Metrologia wielkości geometrycznych. WNT Warszawa 1993, 2004. (rozdziały: Błędy pomiarów; Pomiary kątów i stożków.)
2. Paczyński P.; Metrologia techniczna – przewodnik do wykładów, ćwiczeń laboratoriów. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2003. (rozdziały: Pomiary kątów pochyleń i stożków; Wybrane zagadnienia analizy danych pomiarowych.)

4. OPIS STANOWISKA

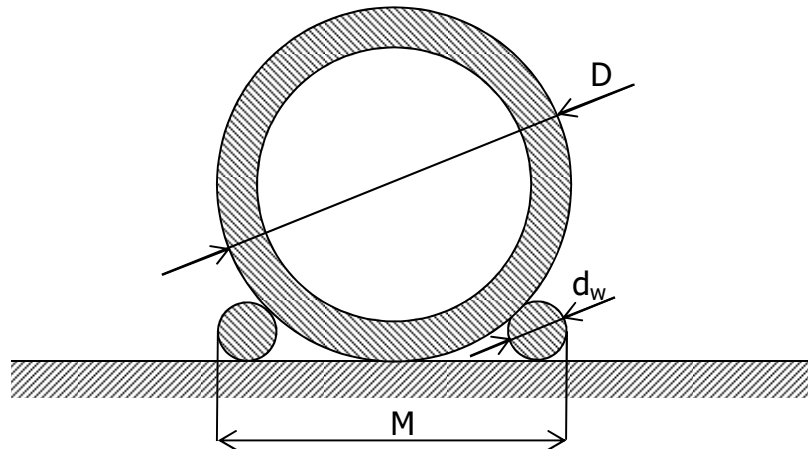
Stanowisko pomiarowe składa się z następujących przyrządów i elementów pomiarowych:

- płyta pomiarowa z wysokościomierzem suwmiarkowym;
- suwmiarka cyfrowa;
- mikromierz do pomiarów zewnętrznych 0-25;
- mikromierz do pomiarów zewnętrznych 25-50;
- mikromierz do pomiarów zewnętrznych 75-100;
- średnicówka trójpunktowa 25-40;
- mikroskop warsztatowy duży;
- wałeczki pomiarowe o różnych średnicach;
- kulki pomiarowe o różnych średnicach;
- przedmioty pomiarowe w postaci pierścieni.

5. ZADANIA DO WYKONANIA

Ćwiczenie obejmuje wykonanie pomiarów pośrednich średnicy zewnętrznej pierścienia za pomocą 2 wałeczków o równych średnicach i pomiar średnicy wewnętrznej pierścienia za pomocą 2 kul o różnych średnicach, a następnie porównanie otrzymanych wyników z pomiarami bezpośrednimi średnic pierścieni i obliczenie niepewności pomiarów pośrednich i bezpośrednich.

5.1. Pomiar średnicy zewnętrznej pierścienia za pomocą 2 wałeczków o równych średnicach.



Rys 1. Schemat pomiaru pośredniego średnicy zewnętrznej pierścienia, za pomocą 2 wałeczków.

Czynności:

Uwaga: wszystkie pomiary wykonujemy najpierw suwmiarką cyfrową a później przyrządami mikrometrycznymi i porównujemy wyniki w celu uniknięcia błędów nadmiernych.

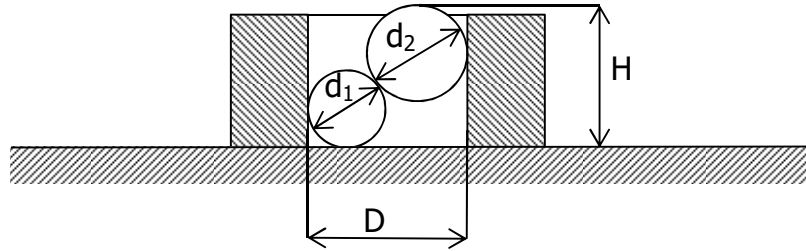
- wykonać po 5 pomiarów średnic 2 wałeczków pomiarowych i obliczyć ich średnią wartość;
- położyć na płycie pomiarowej pierścień i wałeczki pomiarowe jak na rys. 1;
- wykonać 5 pomiarów odległości M , zmieniając za każdym razem położenie pierścienia (obrót) i wałeczków;
- obliczyć średnią wartość z pomiarów M ;
- obliczyć średnicę wewnętrzną pierścienia wg wzoru (1), współczynniki wpływu wg wzorów (2) i niepewność pomiaru pośredniego wg wzoru (3), przyjmując niepewności rozszerzone pomiarów U_M i U_{d_w} podane przez prowadzącego;
- wykonać 30 pomiarów średnicy zewnętrznej pierścienia metodą bezpośrednią mikromierzem;
- obliczyć średnią wartość średnicy pierścienia z pomiarów bezpośrednich, oraz odchylenie średnie i zakres zmienności średnicy pierścienia;
- porównać wyniki otrzymane z dwóch metod pomiarowych.

$$D = \frac{(M - d_w)^2}{4d_w} \quad (1)$$

$$k_M = \left| \frac{\partial D}{\partial M} \right| \quad k_{d_w} = \left| \frac{\partial D}{\partial d_w} \right| \quad (2)$$

$$U_D = \sqrt{(k_M \cdot U_M)^2 + (k_{d_w} \cdot U_{d_w})^2} \quad (3)$$

5.2. Pomiar średnicy wewnętrznej pierścienia za pomocą 2 kulek o różnych średnicach.



Rys 2. Schemat pomiaru pośredniego średnicy wewnętrznej pierścienia, za pomocą 2 kul.

Czynności:

Uwaga: wszystkie pomiary wykonujemy najpierw suwmiarką cyfrową a później przyrządami mikrometrycznymi i porównujemy wyniki w celu uniknięcia błędów nadmiernych.

- wykonać po 5 pomiarów średnic 2 kulek pomiarowych i obliczyć ich średnią wartość;
- położyć na płycie pomiarowej pierścień i kulki pomiarowe jak na rys. 2;
- wykonać 5 pomiarów wysokości H, zmieniając za każdym razem położenie pierścienia (obrót) i kulek;
- obliczyć średnią wartość z pomiarów H
- obliczyć średnicę wewnętrzną pierścienia wg wzoru (4), współczynniki wpływu wg wzorów (5) i niepewność pomiaru pośredniego wg wzoru (6), przyjmując niepewności rozszerzone pomiarów U_H , U_{dk1} i U_{dk2} podane przez prowadzącego;
- wykonać 30 pomiarów średnicy wewnętrznej pierścienia metodą bezpośrednią mikromierzem lub średnicówką;
- obliczyć średnią wartość średnicy pierścienia z pomiarów bezpośrednich, oraz odchylenie średnie i zakres zmienności średnicy pierścienia;
- porównać wyniki otrzymane z dwóch metod pomiarowych.

$$D = \frac{1}{2}(d_{k1} + d_{k2}) + \sqrt{H(d_{k1} + d_{k2} - H)} \quad (4)$$

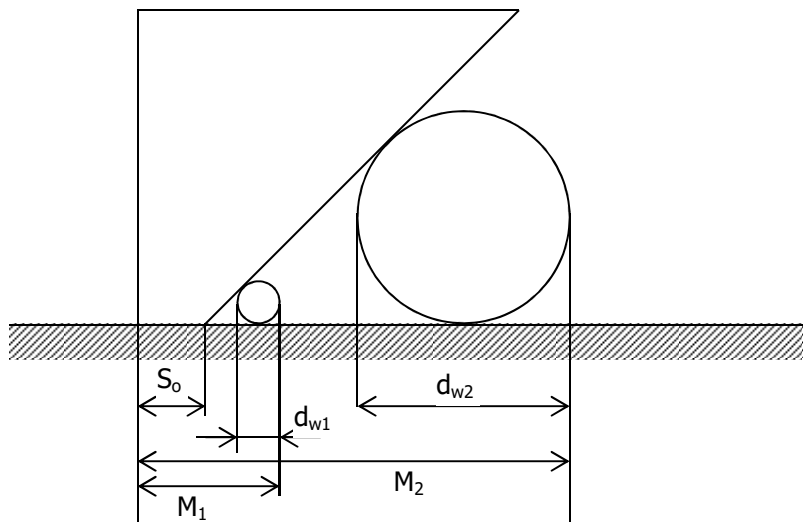
$$k_H = \left| \frac{\partial D}{\partial H} \right| \quad (5)$$

$$k_{dk1} = k_{dk2} = \left| \frac{\partial D}{\partial d_{k1}} \right| = \left| \frac{\partial D}{\partial d_{k2}} \right|$$

$$U_D = \sqrt{(k_H \cdot U_H)^2 + (k_{dk1} \cdot U_{dk1})^2 + (k_{dk2} \cdot U_{dk2})^2} \quad (6)$$

6. PRZYKŁAD OPRACOWANIA WYNIKÓW POMIARÓW

Pomiar krótszej podstawy klina za pomocą 2 wałeczków o różnych średnicach.



Rys 3. Schemat pomiaru pośredniego krótszej podstawy klina za pomocą 2 wałeczków o różnych średnicach.

Po pięciokrotnym pomiarze średnicy dwóch wałeczków (d_{w1} , d_{w2}) i dwóch odległości M_1 i M_2 otrzymano następujące wartości w [mm]:

$$d_{w1} = 9,987;$$

$$d_{w2} = 32,009;$$

$$M_1 = 34,62;$$

$$M_2 = 71,15;$$

Wartość krótszej podstawy S_o obliczona ze wzoru (7) wynosi:

$$S_o = M_2 - \frac{M_2 - M_1}{d_2 - d_1} = 18,054 \quad (7)$$

Dla niepewności rozszerzonej pomiarów $U_{M1} = 0,010$, $U_{M2} = 0,012$, $U_{d_{w1}} = 0,002$ i $U_{d_{w2}} = 0,003$ obliczamy współczynniki wpływu wg wzorów (8) i niepewność pomiaru pośredniego S_o wg wzoru (9):

$$\begin{aligned} k_{M1} &= \left| \frac{\partial S_o}{\partial M_1} \right| = \frac{d_{w2}}{d_{w2} - d_{w1}} = 1,4535 & k_{M2} &= \left| \frac{\partial S_o}{\partial M_2} \right| = \frac{d_{w1}}{d_{w2} - d_{w1}} = 0,4535 \\ k_{d_{w1}} &= \left| \frac{\partial S_o}{\partial d_{w1}} \right| = d_{w2} \frac{M_2 - M_1}{(d_{w2} - d_{w1})^2} = & k_{d_{w2}} &= \left| \frac{\partial S_o}{\partial d_{w2}} \right| = d_{w1} \frac{M_2 - M_1}{(d_{w2} - d_{w1})^2} = \\ &= 2,4111 & &= 0,7523 \end{aligned} \quad (8)$$

$$U_{S_o} = \sqrt{(1,4535 \cdot 0,010)^2 + (0,4535 \cdot 0,012)^2 + (2,4111 \cdot 0,002)^2 + (0,7523 \cdot 0,003)^2} = 0,01625 \approx 0,017 \quad (9)$$

$$S_o = 18,054 \pm 0,017 = \frac{18,071}{18,037} \text{ mm}$$

Wykonując 30 pomiarów średnicy pierścienia mikromierzem otrzymano wartości:

$$\bar{S}_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{oi} = 18,062; \quad \hat{s} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (S_{oi} - \bar{S}_o)^2} = 0,0058;$$

zakres zmienności średnicy wynosi: $\delta_{S_o} = 2 \cdot \hat{s} = 0,0116 \approx 0,012$

$$S_o = 18,062 \pm 0,012 = \frac{18,074}{18,050} \text{ mm}$$