

Wrocław, dnia

Rok i kierunek studiów

Grupa (dzień tygodnia i godzina rozpoczęcia zajęć)

Techniczne Aspekty Zapewnienia Jakości

Ćwiczenie 2

1.

Imię i nazwisko

2.

Imię i nazwisko

3.

Imię i nazwisko

4.

Imię i nazwisko

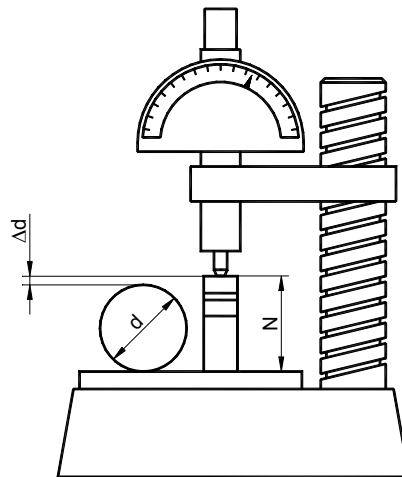
5.

Imię i nazwisko

Statystyczne opracowanie serii wyników pomiarów Wyznaczenie niepewności pomiarowej

1. Pomiar średnicy wałka metodą różnicową

a) Pomiar różnicowy polega na wyznaczeniu wartości wielkości mierzonej na podstawie pomiaru różnicy pomiędzy wielkością mierzoną i wartością wielkości znanej. W przypadku pomiaru średnicy d wałka metodą różnicową wielkością znaną jest wymiar wzorca (np. stos płytek wzorcowych) odtwarzający nominalny wymiar N średnicy wałka, zaś różnicę Δd odczytuje się z przyrządu pomiarowego.



Ostateczny wynik pomiaru uzyskuje się z zależności:

$$d = N + \Delta d$$

gdzie:

- d - średnica mierzonego wałka [mm]
- N - wymiar nominalny średnicy wałka [mm]
- Δd - różnica odczytana z przyrządu pomiarowego [mm]

Uwaga! Podczas wyznaczania wyniku pomiaru należy uwzględnić znak odchyłek.

W przypadku gdy $d > N$ odchyłkę Δd zapisujemy ze znakiem „plus” i wtedy zależność przyjmuje postać $d = N + (+\Delta d)$

W przypadku gdy $d < N$ odchyłkę Δd zapisujemy ze znakiem „minus” i wtedy zależność przyjmuje postać $d = N + (-\Delta d)$

b) Na podstawie rysunku wałka (załącznik) określić wymiar nominalny N średnicy wałka. Z kompletu płytek wzorcowych wyjąć płytki, których suma wymiarów odpowiada wymiarowi nominalnemu i umieścić je na stoliku przyrządu pomiarowego układając w stos. Po delikatnym zetknięciu końcówki pomiarowej z powierzchnią płytki wzorcowej ustawić wskazanie „zerowe” czujnika. Usunąć płytki wzorcowe. Po umieszczeniu mierzonego wałka na stoliku przyrządu pomiarowego dokonać odczytu odchyłki. Jako wartość odchyłki przyjąć maksymalne wskazanie przyrządu jakie można uzyskać podczas przesuwania wałka po powierzchni stolika pod końcówką pomiarową w kierunku prostopadłym do osi powierzchni walcowej wałka.

Dokonać pięciokrotnego pomiaru średnicy każdego z wałków, odczytując odchyłkę z wskaźnika przyrządu. Wyniki pomiarów zamieścić w tabeli

Tab. 1. Wyniki pomiarów

Wałek nr	Wartości odchyłek od wymiaru nominalnego *)					Δd_{sr} [mm]	d' [mm]
	Δd_1 [μm]	Δd_2 [μm]	Δd_3 [μm]	Δd_4 [μm]	Δd_5 [μm]		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

*) Δd_{1-5} – kolejne pomiary tego samego wałka w różnych kierunkach i przekrojach.

2. Statystyczne opracowanie serii wyników pomiarów

a) Dla każdego ze mierzonych wałków odszukać w tabeli 1 odchyłki minimalne Δd_{min} oraz Δd_{max} oznaczając je w komórkach tabeli odpowiednio: "↓" - odchyłkę minimalną i "↑" – odchyłkę maksymalną.

b) Wyznaczyć wartości odchyłki średniej Δd_{sr} [mm] i średnicy d' [mm] Wyniki zamieścić w tabeli 1.

$$\Delta d_{sr} = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^5 \Delta d_i \text{ [mm]} \qquad d' = N + \Delta d_{sr} \text{ [mm]}$$

gdzie:

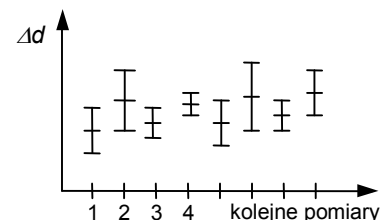
Δd_i gdzie $i = 1 \rightarrow 5$ – kolejno zmierzone odchyłki dla danego wałka [mm]

N wartość nominalna średnicy wałka [mm]

Δd_{sr} średnia odchyłka średnicy wałka [mm]

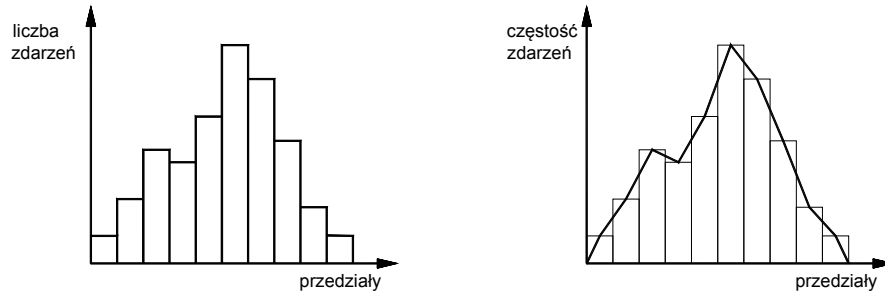
Uwaga! Podczas wyznaczania wartości d_{min} i d_{max} należy uwzględnić znak odchyłek, zgodnie z zasadą opisaną w punkcie 1a).

c) Wykonać wykres z przebiegu pomiarów (patrz rysunek obok) zaznaczając na nim wartości średnic Δd_{sr} oraz zakres zmienności wymiaru dla każdego z wałków, przyjmując jako górną granicę zmienności Δd_{max} natomiast jako dolną granicę zmienności Δd_{min} . Wykres wykonać na arkuszu formatu A4



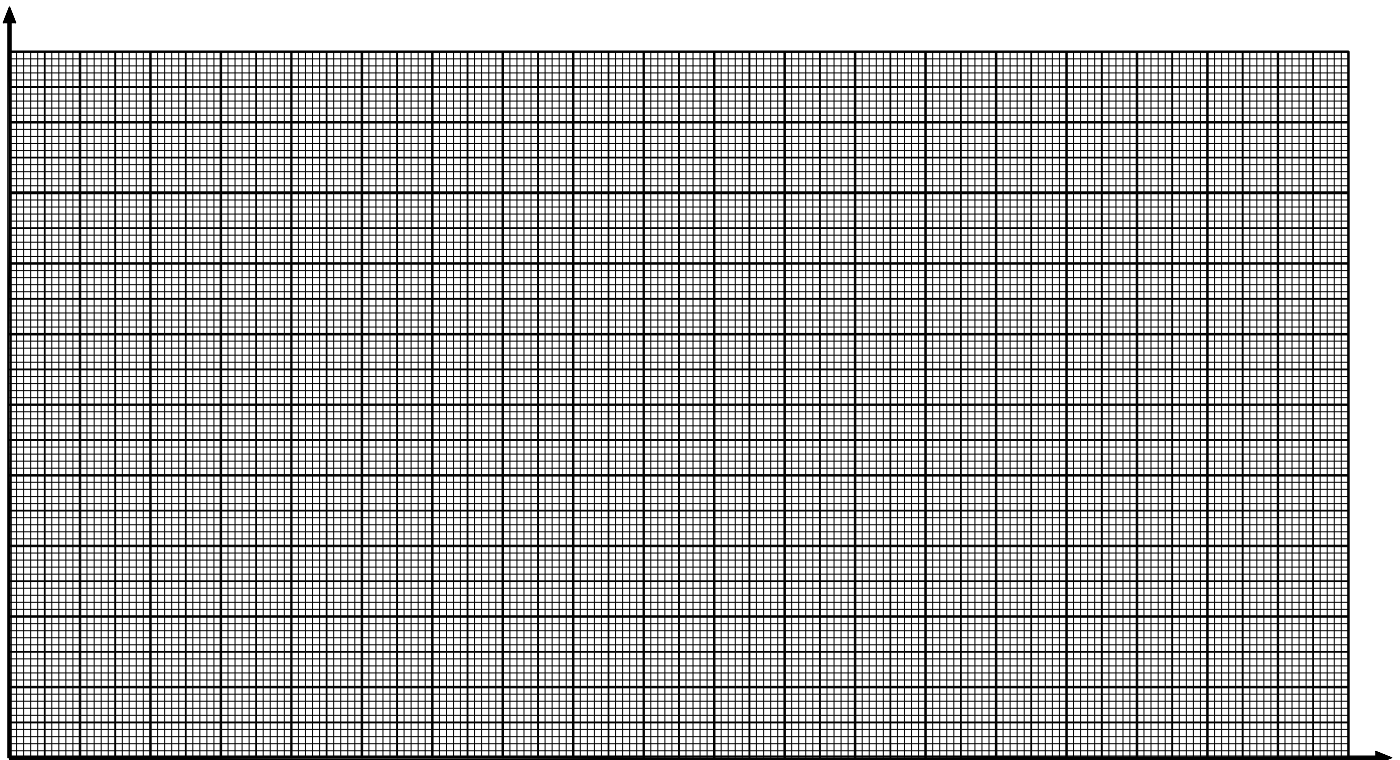
3. Wykresy

a) Przedstawić graficznie uzyskane wyniki pomiarów w postaci histogramu (wykres słupkowy) w przypadku liczby zdarzeń (łączyć środki górnych boków prostokątów histogramu) wieloboków w przypadku częstości zdarzeń, jak na rysunku:



b) Na wykresie zaznaczyć wartość średnią obliczoną ze średnich średnic wszystkich mierzonych wałków oraz przedziały obejmujące:

- $d'_{sr} \pm s \dots\dots 68,26$ % zdarzeń
- $d'_{sr} \pm 2s \dots\dots 95,44$ % zdarzeń
- $d'_{sr} \pm 3s \dots\dots 99,73$ % zdarzeń
- $d'_{sr} \pm 4s \dots\dots 99,994$ % zdarzeń



Wyznaczenie niepewności pomiarowej

a) Na podstawie rysunku wałka (załącznik) określić wymiar nominalny N średnicy wałka. Z kompletu płytek wzorcowych wyjąć płytki, których suma wymiarów odpowiada wymiarowi nominalnemu i umieścić je na stoliku przyrządu pomiarowego układając w stos. Po delikatnym zetknięciu końcówki pomiarowej z powierzchnią płytki wzorcowej ustawić wskazanie „zerowe” czujnika. Usunąć płytki wzorcowe. Po umieszczeniu mierzonego wałka na stoliku przyrządu pomiarowego dokonać odczytu odchyłki. Jako wartość odchyłki przyjąć maksymalne wskazanie przyrządu jakie można uzyskać podczas przesuwania wałka po powierzchni stolika pod końcówką pomiarową w kierunku prostopadłym do osi powierzchni walcowej wałka. Dokonać kilkukrotnego pomiaru każdego z wałków. Wyniki pomiarów zamieścić w tabeli 1.

Tab. 1. Wyniki pomiarów

Pomiar nr i	Δd_i [μm]	$\Delta d_i - \Delta d_{sr}$ [μm]	$(\Delta d_i - \Delta d_{sr})^2$ [μm^2]	d_i [mm]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

Δd_i –wyniki pomiarów tego samego wałka w różnych kierunkach i przekrojach

4. Statystyczne opracowanie serii wyników pomiarów

a) Wyznaczyć wartości $n = i_{max}$ (liczba dokonanych pomiarów), $\sum_{i=1}^n \Delta d_i$, $d_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$, $\Delta d_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta d_i$, $\sum_{i=1}^n (\Delta d_i - \Delta d_{sr})^2$:

$n = \dots\dots\dots$ szt

$\sum_{i=1}^n \Delta d_i = \dots\dots\dots$ $d_{sr} = \dots\dots\dots$ $\Delta d_{sr} = \dots\dots\dots$ $\sum_{i=1}^n (\Delta d_i - \Delta d_{sr})^2 = \dots\dots\dots$

b) Wyznaczyć wartości:

– odchylenia standardowego s , gdzie:
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta d_i - \Delta d_{sr})^2}{n - 1}}$$

$s =$

– minimalną średnicy d_{min}

$d_{min} =$ [mm]

– maksymalną średnicy d_{max}

$d_{max} =$ [mm]

– rozstępu R , gdzie: $R = d_{max} - d_{min}$

$R =$ [mm]

– błędu systematycznego $\Delta_d = \Delta d_s - \Delta d_{popr}$

$\Delta_d =$ [mm]

5. Wynik pomiaru średnicy wałka

a) Wyznaczyć średnicę wałka z następującej zależności:

$$d = [(\Delta d_{sr} + P_d) - (O_N + P_{Nw}) + N + P_N + P_T + P_S] \pm U(d)$$

gdzie:

- Δd_{sr} - wartość średnia odchyłki (surowy wynik pomiaru, wartość najbardziej prawdopodobna z pomiarów) obliczony na podstawie tabeli 1.
- P_d - poprawka wskazania przy pomiarze średnicy wałka, $P_d = -\Delta d =$ [mm]
- O_N - odczyt wskazania na wzorcu. $O_N = 0,0000$ mm, dla tzw. „zerowania”
- P_{Nw} - poprawka wskazania podczas pomiaru wzorca, przyjmując: $P_{Nw} = 0,0000$ mm
- N - wymiar nominalny wzorca $N =$ [mm],
- P_N - poprawka wymiaru wzorca dla płytki klasy „0” o wymiarze nominalnym N , przyjmując $P_N =$ [mm]
- P_T - poprawka temperaturowa obliczana ze wzoru:

$$P_T = [D \alpha_d (t_o - t_d) - N \alpha_N (t_o - t_N)] \pm U(P_T)$$

gdzie:

$\alpha_d = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ - współczynnik rozszerzalności liniowej dla wałka.

$t_o =$ $^\circ\text{C}$, temperatura otoczenia (w laboratorium)

$t_d =$ $^\circ\text{C}$, temperatura mierzonego wałka,

$\alpha_N = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ - współczynnik rozszerzalności liniowej dla wzorca,

$t_N =$ $^\circ\text{C}$, temperatura wzorca,

- P_S - poprawka na odkształcenia sprężyste dla kontaktu dwóch powierzchni: mierzonej, walcowej d i kulistej końcówki pomiarowej ($d_k = 8$ mm) z siłą $F = 2,5$ [N] obliczona ze wzoru:

$$P_S = 0,48 \cdot \sqrt[3]{F} \frac{\sqrt[4]{\frac{1}{d_k^2} + \frac{1}{d_k \cdot d}}}{\sqrt[6]{\frac{2}{d_k} + \frac{1}{d}}} - 0,415 \cdot \sqrt[3]{\frac{F}{d_k}}$$

6. Obliczyć niepewność $U(d)$ uwzględniając niepewności cząstkowe $u(D)$ związane z wszystkimi składnikami występującymi we wzorze:

$$d = [(\Delta d_{sr} + P_d) - (O_N + P_{Nw}) + N + P_N + P_T + P_S]$$

Wzór na niepewność standardową (na poziomie ufności $P = 0,99$) $U(D) = 3u(D)$ i przy założeniu, że błędy systematyczne zostały uwzględnione, a pozostałe błędy mają charakter przypadkowy i rozkłady zbliżone do normalnego, może mieć postać:

$$u(d) = \sqrt{U^2(\Delta d_{sr}) + U^2(P_d) + U^2(O_N) + U^2(P_{Nw}) + U^2(N) + U^2(P_N) + U^2(P_T) + U^2(P_S)}$$



Uwzględnić we wzorze niepewności cząstkowe:

$$U(\Delta d_{sr}) = \dots\dots\dots \text{mm, ustalone na podstawie serii pomiarów (przyjąć } = 6s),$$

$$U(P_d) = 0,0002 \text{ mm, (na podstawie świadectwa sprawdzenia czujnika),}$$

$$U(O_N) = 0,0002 \text{ [mm] (na podstawie świadectwa sprawdzenia płytek wzorcowych),}$$

$$U(N) = 0, \quad U(P_s) = 0, \quad U(P_N) = 0$$

$$U(P_T) = 17 \cdot 10^{-6} \text{mm}$$

Ostatecznie wynik pomiaru:

$$d = d_{popr} \pm U(d) = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ [mm]}$$