

Wrocław, dnia

Rok i kierunek

Grupa (dzień i godzina rozpoczęcia zajęć)

Metrologia Przemysłowa

Ćwiczenie 1

1.

Imię i nazwisko

2.

Imię i nazwisko

3.

Imię i nazwisko

Wyznaczenie niepewności pomiaru. Statystyczne opracowanie serii wyników pomiarów.

A. Pomiar wybranej cechy geometrycznej wyrobu.

1. Dane mierzonej cechy geometrycznej.

Oznaczenie w układzie tolerancji ISO	Wymiar nominalny [mm]	Odchyłki graniczne: [mm]		Wymiary graniczne: [mm]		Tolerancja [mm]
		górną (USL)		górną (ULS)		
		dolną (LSL)		dolną (LLS)		

2. Układ pomiarowy

2a. Przyrząd pomiarowy

Nazwa	Numer seryjny	Wartość działki elementarnej/ krok cyfrowy [mm]	Zakres pomiarowy [mm]	MPE [mm]	Nacisk pomiarowy F_N [N]
			÷		

2b. Wzorzec

Wymiar nominalny wzorca L_{NR}^* : [mm]

*) Dobrać wzorzec tak, aby jego wartość nominalna L_{NR} odpowiadała wartości będącej środkiem przedziału tolerancji mierzonej cechy geometrycznej.

Kpl. płytek wzorcowych, numer:										
Wymiar nominalny płytki:	1		2		3		4		5	
Błąd długości środkowej* $\Delta_{l_{CP}}$:										

*) Odczytać ze świadectwa wzorcowania kompletu płytek wzorcowych.

2c. Powtarzalność wskazań

Wskazania przyrządu pomiarowego w:

w_1		w_2		w_3		w_4		w_5	
w_6		w_7		w_8		w_9		w_{10}	
w_{11}		w_{12}		w_{13}		w_{14}		w_{15}	
w_{16}		w_{17}		w_{18}		w_{19}		w_{20}	
w_{21}		w_{22}		w_{23}		w_{24}		w_{25}	
w_{26}		w_{27}		w_{28}		w_{29}		w_{30}	

Wartość średnia wskazań z uwzględnieniem sumy błędów środkowych stosu płytek wzorcowych:

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^{30} w_i}{30} + \left(- \sum_{i=1}^n \Delta_{l_{CP}i} \right) = \dots \text{ [mm]}$$

Odchylenie standardowe wskazań $\sigma_{wi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{30} (w_i - \bar{w})^2}{30-1}} = \dots$ [mm]

Wartość graniczna rozrzutu wskazań $R_w = k^* \cdot \sigma_{wi} = \dots$ [mm]

*) Zastosować współczynnik rozszerzenia $k=3$ dla $P_u = 99,97\%$.

2d. Błąd systematyczny pomiaru spowodowany odkształceniem sprężystym Δ_a powierzchni pomiarowej przyrządu i mierzonego wyrobu.

Wymiar nominalny średnicy końcówki pomiarowej czujnika $d_k = \dots$ [mm]

Wymiar nominalny średnicy mierzonego wyrobu $L = \dots$ [mm]

Odształcenie powierzchni Δ_a przy kontakcie pary powierzchni kula-płaszczyzna:

$$\Delta_a = 0,41 \sqrt[3]{\frac{F_N^2}{d_k}} = \dots \quad [\mu\text{m}]$$

Odształcenie powierzchni Δ_a przy kontakcie pary powierzchni kula-walec:

$$\Delta_a = 0,47 \sqrt[3]{F_N^2} \cdot \frac{\sqrt[4]{\left(\frac{1}{d_k} + \frac{1}{L}\right) \cdot \frac{1}{d_k}}}{\sqrt[6]{\frac{2}{d_k} + \frac{1}{L}}} = \dots \quad [\mu\text{m}]$$

2e. Błąd systematyczny pomiaru spowodowany rozszerzalnością cieplną Δ_t wymiarów wzorca L_N i mierzonej cechy geometrycznej wyrobu L

Wymiar wzorca $L_N = \dots$ [mm]

Wymiar nominalny wyrobu $L = \dots$ [mm]

Temperatura wzorca po ustawieniu przyrządu do pomiaru $t_{LN} = \dots$ [°C]

Temperatura wyrobu po wykonaniu pomiaru $t_L = \dots$ [°C]

Współczynnik rozszerzalności cieplnej materiału wzorca α_{LN}^* : \dots [1/°C]

*) Przyjąć α_{LN} dla wzorców wykonanych z: stali $11,6 \times 10^{-6}$; węglików spiekanych $4,23 \times 10^{-6}$; tlenku cyrkonu $9,5 \times 10^{-6}$ [1/°C]

Współczynnik rozszerzalności cieplnej materiału wyrobu α_L^* : \dots [1/°C]

*) Przyjąć α_L dla stali $11,6 \times 10^{-6}$ [1/°C]

Zmiana wymiarów wzorca Δ_{LN} ze względu na zmianę temperatury

$$\Delta_{LNt} = L_N \cdot \alpha_{LN} \cdot (t_{LN} - t_o) = \dots \quad [\text{mm}]$$

Zmiana wymiarów wzorca Δ_{LN} ze względu na zmianę temperatury

$$\Delta_{Lt} = L \cdot \alpha_L \cdot (t_L - t_o) = \dots \quad [\text{mm}]$$

3. Pomiar cechy geometrycznej wyrobu:

3b. Wzorzec

Wymiar nominalny wzorca L_N^* : [mm]

*) Dobrać wzorzec tak, aby jego wartość nominalna L_N odpowiadała wartości nominalnej mierzonej cechy geometrycznej.

Kpl. płytek wzorcowych, numer:										
Wymiar nominalny płytki:	1		2		3		4		5	
Błąd długości środkowej* Δl_{cx} :										

*) Odczytać ze świadectwa wzorcowania kompletu płytek wzorcowych.

Wyniki pomiarów x

Pom. nr	Część nr									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
\bar{x}_{sr}										

Wartość średnia wyników pomiaru:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \dots \text{ [mm]}$$

$$\text{Odchylenie standardowe wskazań } \sigma_{xi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \dots \text{ [mm]}$$

4. Budżet niepewności

Składowa niepewności złożonej	Oznaczenie składowej	Typ szacowania	Typ rozkładu	Odchyłki graniczne [mm]	Współczynnik wrażliwości rozkładu	Niepewność [mm]
u_{RW} – powtarzalność	R_w	A	normalny		$\frac{1}{\sqrt{2}}$	
u_{MPE} – niepewność przyrządu	MPE	B	równomierny		$\frac{1}{\sqrt{3}}$	
$u_{\Delta a}$ – odkształcenie sprężyste	Δa	B	równomierny		$\frac{1}{\sqrt{3}}$	
$u_{\Delta L_{Nt}}$ – rozszerzalność cieplna wzorca	$\Delta_{L_{Nt}}$	B	arcsin		$\frac{1}{\sqrt{2}}$	
$u_{\Delta l_t}$ – rozszerzalność cieplna wyrobu	Δ_{l_t}	B	arcsin		$\frac{1}{\sqrt{2}}$	
Złożona niepewność standardowa $u_c(x)$						
Niepewność rozszerzona $U_{95}(x)$						

Wyznaczyć niepewność standardową złożoną $u_c(x)$ i niepewność rozszerzoną $U_{95}(x)$

$$u_c(x) = \sqrt{(u_{RW})^2 + (u_{\Delta a})^2 + (u_{\Delta L_{Nt}})^2 + (u_{\Delta l_t})^2} = \dots \text{ [mm]}$$

$$U_{95}(x) = k \cdot u_c(x) \text{ dla } k = 2 \qquad U_{95}(x) = \pm \dots \text{ [mm]}$$

4a. Składowa systematyczna niepewności

Pochodząca od błędów środkowych płytek wzorcowych Δl_{cx}

$$\beta_{\Delta l_{cx}} = \sum_{i=1}^n \Delta l_{cxi} = \dots\dots\dots [\text{mm}]$$

Poprawka

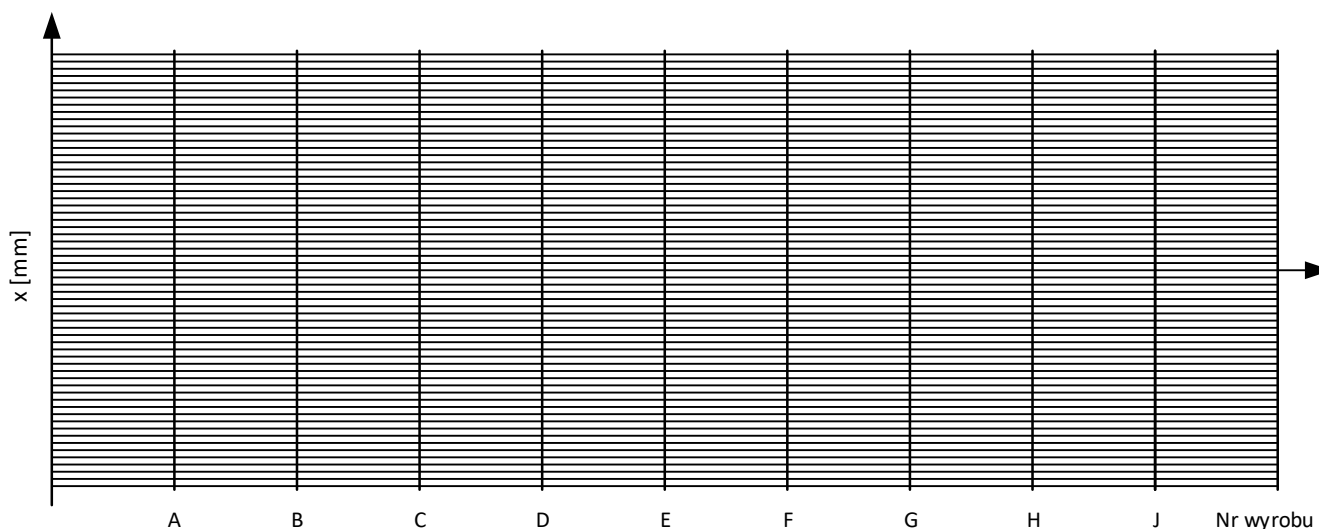
$$C_{\Delta l_{cx}} = -\beta_{\Delta l_{cx}} = \dots\dots\dots [\text{mm}]$$

4c. Wynik pomiaru wyrobu

$$X_i = x_{\acute{s}r} \pm U_x + C_{\Delta l_{cx}}$$

5. Statystyczne opracowanie serii wyników pomiarów

5a. Wykres zmienności wyników pomiarów. Na wykresie zaznaczyć wynik średni, maksymalny i minimalny dla każdego wyrobu. Na wykresie zaznaczyć graniczne tolerancje ULS i LLS.



5b Klasowanie

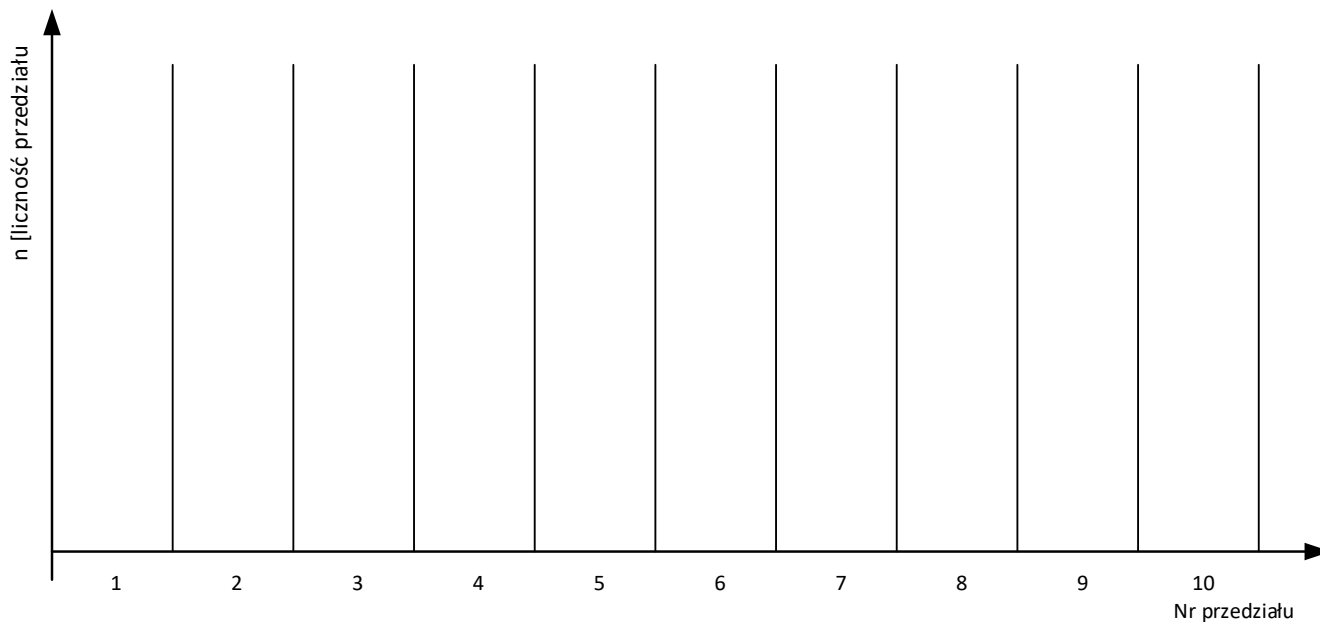
Rozstęp wyników pomiarów wyrobu $R_{xi} = \max\{x_i\} - \min\{x_i\} = \dots\dots\dots [\text{mm}]$

Szerokość przedziałów zmienności $\frac{R_{xi}}{10} = \dots\dots\dots [\text{mm}]$

Liczba wyników pomiarów wyrobu $N = \dots\dots\dots$

Nr przedziału	Granice przedziałów	Kreskowanie	Liczba zdarzeń n_z	Częstość zdarzeń $\frac{n_z}{N}$
1	()			
2	()			
3	()			
4	()			
5	()			
6	()			
7	()			
8	()			
9	()			
10	()			

5c. Histogram



6. Wskaźniki zdolności procesu

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \sigma_{xi}} = \dots\dots\dots$$

$$Cpk = \min \left\{ \frac{USL - \bar{x}_{sr}}{3 \cdot \sigma_{xi}}; \frac{\bar{x}_{sr} - LSL}{3 \cdot \sigma_{xi}} \right\} = \dots\dots\dots \quad \bar{x}_{sr} = \frac{\sum_{i=A}^J x_{sri}}{5} = \dots\dots\dots \text{ [mm]}$$

$$Cpu = \frac{USL - \bar{x}_{sr}}{3 \cdot \sigma_{xi}} = \dots\dots\dots$$

$$Cpl = \frac{\bar{x}_{sr} - LSL}{3 \cdot \sigma_{xi}} = \dots\dots\dots$$

7. Wskaźniki zdolności systemu pomiarowego

$$Cg = \frac{0,2 \cdot T}{6 \cdot \sigma_{wi}} = \frac{0,2 \cdot (USL - LSL)}{6 \cdot \sigma_{wi}} = \dots\dots\dots$$

$$Cgk = \frac{0,1 \cdot T \cdot (\bar{w} - L_{NR})}{3 \cdot \sigma_{wi}} = \dots\dots\dots$$

8. Orzeczenie o zgodności lub niezgodności mierzonej cechy ze specyfikacją

Pom. nr	Część nr									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
\bar{x}_{sr}										
Zgodne? (T/N)										