Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki

Laboratorium metrologii

Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych

Temat ćwiczenia: Pomiary wymiarów zewnętrznych

Opracował: dr inż. Eliza Jarysz-Kamińska
Szczecin 2021

Spis Treści

Wprowadzenie 2
1. Cel ćwiczenia 2
2. Wymagany zakres wiedzy 2
3. Pytania kontrolne 3
4. Przebieg ćwiczenia 4
5. Sprawozdanie 5
Literatura 6

Wprowadzenie

Niniejsze opracowanie powstało jako pomoc do ćwiczeń laboratoryjnych z miernictwa warsztatowego, metrologii i systemów pomiarowych, metrologii oraz podstaw metrologii realizowanych przez studentów Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT w Szczecinie.

1. Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z zastosowaniem przyrządów suwmiarkowych i mikrometrycznych oraz sposobów ich praktycznego wykorzystania w pomiarach wymiarów zewnętrznych.

2. Wymagany zakres wiedzy

- znajomość pojęć z zakresu teorii pomiarów (wymiar zewnętrzny, wymiar rzeczywisty, wymiar tolerowany, wymiary graniczne, tolerancja, odchyłka, itp.)

Wymiar zewnętrzny jest to odległość elementów powierzchni, między którymi ich bezpośrednie sąsiedztwo jest wypełnione materiałem (np.: średnica wałka, długość wałka, grubość blachy).

Wymiar tolerowany to wymiar, którego odchyłki są bezpośrednio określone, określają go jednoznacznie dwa wymiary graniczne: wymiar górny B i wymiar dolny A.

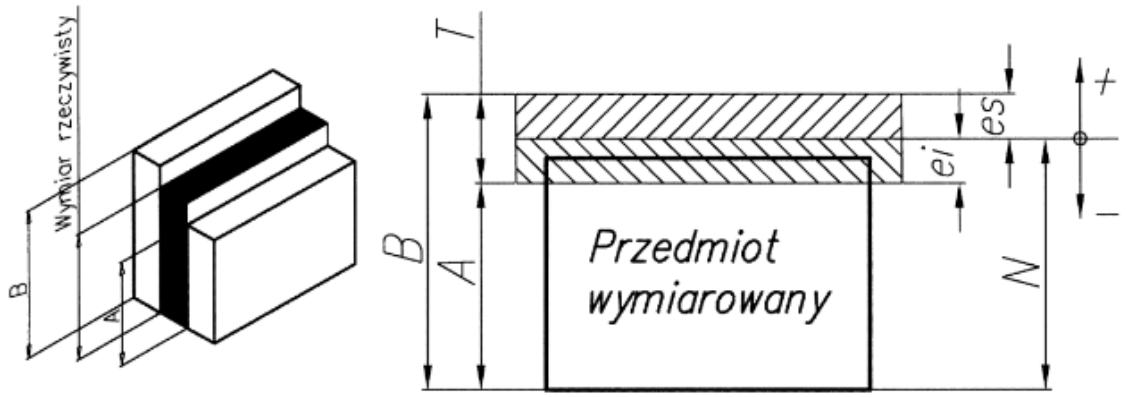
Wymiar tolerowany liczbowo składa się z trzech wymiarów wyrażonych liczbami: wymiaru nominalnego *N* oraz odchyłek granicznych – górnej (es,ES) i dolnej (ei, EI). Małymi literami (es, ei) oznacza się odchyłki graniczne wymiarów zewnętrznych, wielkimi (ES, EI) – wymiarów wewnętrznych. *Wymiary graniczne* są to dwa wymiary, których nie może przekroczyć zmierzony wymiar produktu, jeżeli ma on być uznany jako poprawnie wykonany. Wymiarem górnym B nazywa się większy wymiar graniczny. Wymiarem dolnym A nazywa się mniejszy wymiar graniczny

Tolerancja T jest to dopuszczalny zakres zmienności wymiaru. Jest to różnica wymiaru górnego B i dolnego A: T = B – A

Dla wymiarów zewnętrznych (wałków) zachodzą następujące zależności:
$Aw = N + ei,$
$Bw = N + es,$
$T = es - ei$

Wymiar nominalny N jest wymiarem wyjściowym, względem którego określa się odchyłki.

Odchyłka górna (es, ES) jest różnicą algebraiczną między wymiarem górnym B i odpowiadającym mu wymiarem nominalnym N.
Odchyłka dolna (ei, EI) jest różnicą algebraiczną między wymiarem dolnym A i odpowiadającym mu wymiarem nominalnym N.



Rys.1 Wymiar nominalny w układzie wymiarów granicznych [https://home.agh.edu.pl/~kmtmipa/dydaktyka/automatyka/1/tolerancjeipasowania.pdf]

Ze względu na żądaną dokładność wykonania wymiary dzieli się na:

a) swobodne, tj. takie, których rzeczywista wartość nie odgrywa większej roli; dla wymiarów takich nie podaje się tolerancji,
b) tolerowane, których rzeczywista wartość musi się zawierać w określonych granicach,
c) teoretyczne, dla których nie przewiduje się żadnych odchyłek; są to zwykle wymiary potrzebne do obliczania wymiarów narzędzi, sprawdzianów lub uchwytów.

W zależności od sposobu otrzymywania wartości wielkości mierzonej rozróżnia się metody pomiarowe:

Metoda pomiarowa bezpośrednia występuje wówczas, gdy wartość wielkości mierzonej jest otrzymywana wprost, bez konieczności wykonywania obliczeń (np. z odczytania wskazania narzędzia pomiarowego).

Metoda pomiarowa pośrednia polega na tym, że poszukiwana wartość wielkości mierzonej jest obliczana na podstawie zależności wiążącej ją z wielkościami, których wartości były mierzone bezpośrednio (np. wyznaczanie objętości stożka na podstawie pomiarów wysokości i średnicy podstawy).

W zależności od sposobu porównywania wartości wielkości mierzonej ze znanymi wartościami tej wielkości rozróżnia się następujące metody:

Metoda bezpośredniego porównywania występuje wówczas, gdy cała wartość wielkości mierzonej jest porównywana ze znaną wartością tej samej wielkości (np. pomiar długości przymiarem).

Metoda różnicowa polega na pomiarze niewielkiej różnicy między wartością wielkości mierzonej a znaną wartością tej wielkości (np. pomiar średnicy średnicówką czujnikową).

- budowa, działanie i zastosowanie: przyrządów suwmiarkowych, przyrządów mikrometrycznych,
- kryteria dokładności, zasady tolerowania i oceny.

3. Pytania kontrolne

- Jakimi przyrządami możemy zmierzyć wymiar zewnętrzny?

- Wymień przyrządy mikrometryczne wykorzystywane do pomiarów zewnętrznych.
- Na ile części podzielony jest obwód bębna mikrometru?
- Co to jest punkt koincydencji?
- Jakie wartości działki elementarnej noniuszy mogą występować w przyrządach suwmiarkowych?

4. Przebieg ćwiczenia

I. Dokonać pomiaru elementu wskazanymi przez prowadzącego zajęcia przyrządami pomiarowymi.

II. Tolerancja

Wartości dla klas 01,0,1 oblicza się z zależności:

IT01 = 0,3 + 0,008D

IT0 = 0,5 + 0,012D

IT1 = 0,8 + 0,020D

Kolejno dla:

IT2 = $\sqrt{IT1 \cdot IT3}$

IT3 = $\sqrt{IT1 \cdot IT5}$

IT4 = $\sqrt{IT3 \cdot IT5}$

Wartości liczbowe dla wymiarów do 500 mm dla klas tolerancji od 5 do 18 ustala się ze wzoru:

$$IT = a \cdot i$$

$$i = 0{,}45\sqrt[3]{D} + 0{,}001D \ \mu m$$

$$D = \sqrt{D_{min} \cdot D_{max}}$$

gdzie:
a – współczynnik klasy tolerancji,
$a_x = (\sqrt[5]{10})^{x-1}$

IT	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a_x	7	10	16	25	40	64	100	160	250

i - funkcja jednostki tolerancji normalnej,
D – średnia geometryczna granic przedziału rozpatrywanego wymiar nominalnego lub przedziału pośredniego. Wartości D_{min} oraz D_{max} dla wymiarów nominalnych do 3150 mm są stałe i zdefiniowane w normie PN-EN ISO 286-1 [6].

Polska Norma PN-EN ISO 286-1:2011 przewiduje 20 klas tolerancji:
klasy IT01, IT0 oraz IT1 do IT5 – używa się do najdokładniejszych urządzeń precyzyjnych,
klasy IT6 do IT11 –klasy średnio dokładne, stosowane w budowie maszyn,
klasy IT12 do IT18 – używa się dla części mało dokładnych.

Tabela Wartości tolerancji dla wybranych klas tolerancji normalnych [PN-EN ISO 286-1:2011]

Wymiar nominalny [mm]		Klasa tolerancji normalnych																	
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Powyżej	Do	Wartość tolerancji [µm]													Wartość tolerancji [mm]				
0	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75
6	10							6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3
30	50						7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2

III. Zaokrąglić otrzymany wynik pomiaru z rozdzielczością 1 oraz 0,01 mm i przyjąć go jako wartość rozpatrywanego wymiaru nominalnego. Przyjąć dla takiego wymiaru symetrycznie (na plus i minus) rozłożone odchyłki graniczne dla tolerancji normalnej wyznaczonej w punkcie II. Obliczyć wymiary graniczne *A* i *B*.

IV. Porównać otrzymane wyniki pomiaru z wymiarami granicznymi wałka (określonymi w p. III).

$$A < X \pm U < B$$

$$U = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{MPE}{\sqrt{3}}\right)^2 + u_A{}^2}$$

gdzie:
- *A* i *B* maksymalne wymiary graniczne rozpatrywanego wymiaru,
- *X* wynik pomiaru,
- *U* niepewność rozszerzona wyniku pomiaru,
- *MPE* maksymalny błąd graniczny wskazania przyrządu pomiarowego,
- u_A niepewność standardowa (czyli odchylenie standardowe wartości średniej)

5. Sprawozdanie

Sprawozdanie oprócz ogólnych wymagań wg [4] powinno zawierać: opracowanie zebranych wyników pomiarów zgodnie z wytycznymi prowadzącego zajęcia:
- należy zamieścić obliczenia tolerancji normalnej dla wybranych klas tolerancji IT,
- przyjąć klasę tolerancji i odchyłki graniczne dla mierzonego wymiaru (wg wytycznych z p. III),
- wydać orzeczenie o zgodności zmierzonego wymiaru ze specyfikacją wg wytycznych normy PN-EN ISO 14253-1 [7],
- zinterpretować otrzymane rezultaty ze względu na aspekty rozpatrywanej klasy tolerancji normalnej, dokładności metody pomiaru oraz liczby powtórzeń pomiarów.

Literatura

[1] Białas S.: *Metrologia techniczna z podstawami tolerowania wielkości geometrycznych dla mechaników.* Warszawa 2006, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej

[2] Humienny Z., Osanna P.H., Tamre M., Weckenmann A., Jakubiec W.: *Specyfikacje geometrii wyrobów. Podręcznik europejski*, Warszawa, WNT 2004.

[3] Jakubiec W., Malinowski J.: *Metrologia wielkości geometrycznych*, WNT, Warszawa 2004.

[4] Majda P.: *Laboratorium metrologii, Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych, Temat: Ogólna instrukcja sporządzania sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych*, Szczecin 2010.

[5] Olszak W., Marchelek K.: *Miernictwo warsztatowe: ćwiczenia laboratoryjne*, Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1967.

[6] PN-EN ISO 286-1:2011 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) -- Układ kodowania ISO tolerancji wymiarów liniowych -- Część 1: Podstawy tolerancji, odchyłek i pasowań.

[7] PN-EN ISO 14253-1:2000: Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Kontrola wyrobów i sprzętu pomiarowego za pomoc pomiarów. Reguły orzekania zgodności lub niezgodności ze specyfikacją.

[8] https://www.pca.gov.pl/gfx/pca/userfiles/_public/o_pca/aktualnosci/stwierdzenie_zgodnosci.pdf