



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

# STYKOWE POMIARY GWINTÓW

POZNAŃ III.2017

© ZMiSP

## 1. CEL I ZAKRES ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest poznanie stykowych metod pomiaru gwintów. Ćwiczenie obejmuje pomiary wskazanych wielkości oraz dokonanie stosownych obliczeń. Na podstawie uzyskanych wyników należy dokonać oceny poprawności wykonania badanego gwintu i przyporządkować go do określonej klasy dokładności. Ćwiczenie należy zakończyć wnioskami.

## 2. ZAKRES OBOWIĄZUJĄCEGO MATERIAŁU

Obowiązujący materiał obejmuje klasyfikację rodzajów gwintów, wykaz parametrów charakteryzujących gwint, układ tolerancji gwintów metrycznych i podział metod umożliwiających ich pomiar [1, 2].

## 3. LITERATURA

- [1] W. Jakubiec, J. Malinowski: Metrologia wielkości geometrycznych. Wydanie 5. WNT 2009
- [2] P. Paczyński: Metrologia techniczna. Przewodnik do wykładów, ćwiczeń i laboratoriów. WPP 2003

## 4. OPIS STANOWISKA



*Widok stanowiska do stykowego pomiaru gwintów*

Stanowisko do pomiarów stykowych wyposażone jest w:

- a) suwmiarkę pozwalającą na wstępne określenie średnicy zewnętrznej gwintu oraz wzornik zarysu gwintu (grzebień) do weryfikacji podziałki gwintu;
- b) mikromierz do pomiaru średnicy zewnętrznej;
- c) mikromierz do pomiaru średnicy podziałowej;
- d) wałeczki do pomiaru średnicy podziałowej metoda 3-wałeczkową;
- e) statyw do mikromierza oraz statyw do zawieszenia wałeczków.

## 5. ZADANIA DO WYKONANIA

### 5.1. Pomiar wstępny gwintu

- a) Dokonać oględzin jakości wykonania gwintu – zapisać spostrzeżenia, jeśli zachodzi potrzeba wyczyścić gwint przed pomiarem.

- b) Zmierzyć wstępnie średnicę zewnętrzną gwintu suwmiarką w 5 przekrojach – zapisać uzyskane wartości. Ułożyć szczęki pomiarowe pod kątem względem osi gwintu jak na zdjęciu – zapobiega to wprowadzeniu szczęk pomiarowych w bruzdy gwintu.



*Pomiar wstępny średnicy zewnętrznej gwintu suwmiarką*



*Ocena gwintu za pomocą wzornika zarysu*

- c) Sprawdzić rodzaj gwintu i podziałkę przy zastosowaniu wzornika zarysu (grzebienia). Wzornik MWGa – gwint metryczny, MWGb – gwint calowy. Sprawdzić podziałkę w kilku miejscach i zapisać wartość.
- d) Na podstawie uzyskanych wartości wstępnie określić rodzaj gwintu, np. **M8x1**.

## 5.2. Pomiar stykowy gwintu

- a) Dokonać pomiaru średnicy zewnętrznej  $d$  gwintu mikromierzem w 20 przekrojach. Zapisać uzyskane wartości.



*Pomiar średnicy zewnętrznej mikromierzem*

b) Dokonać pomiaru średnicy podziałowej  $d_2$  mikromierzem do jej pomiaru.

a)



b)



c)



*Zerowanie mikromierza do pomiaru średnicy podziałowej*

Ze względu na stosowanie wymiennych końcówek przyzmatycznych i stożkowych konieczne jest przeprowadzenie procedury zerowania mikromierza po każdorazowej wymianie końcówek.

Procedura doboru końcówek i ustawienia mikromierza do pomiaru średnicy podziałowej:

- na podstawie informacji z punktu 5.1.c dobrać końcówkę stożkową i przyzmatyczną oraz sprawdzić oznaczenia końcówek;
- końcówkę stożkową umieścić we wrzecionie obrotowym (rys. a), a przyzmatyczną w uchwycie nieobrotowym;
- odblokować uchwyt nieobrotowy i przesunąć maksymalnie na zewnątrz;
- ustawić na skali mikromierza wartość 0,00 (rys. b) i zablokować obrót wrzeciona;
- dosunąć końcówkę przyzmatyczną do styku z końcówką stożkową (rys. c) i zablokować przesuw nakrętkami;
- odblokować wrzeciono mikromierza;
- sprawdzić ustawienie zera i w razie potrzeby wyregulować.

**Dokonać pomiaru średnicy podziałowej  $d_2$  w 20 przekrojach.** Zanotować uzyskane wartości.

c) Dokonać pomiaru średnicy podziałowej  $d_2$  metoda 3-wałeczków.



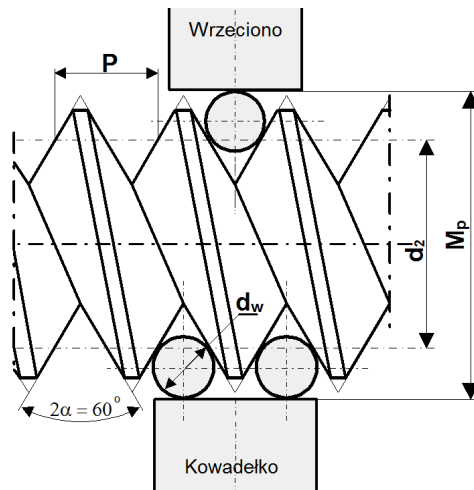
*Wałeczek pomiarowy – środkowa część wałeczka charakteryzuje się wymiarem kontrolnym*

- Na podstawie informacji z punktu 5.1.c dobrać 3 wałeczki o odpowiedniej średnicy;
- zawiesić wałeczki na uchwycie;
- mikromierz typu ciężkiego (o większej średnicy wrzeciona i kowadełka) umieścić w uchwycie i ustawić tak by oś wrzeciona i kowadełka odpowiadała środkowej części wałeczków kontrolnych;



*Wałeczek pomiarowy zawieszona na uchwycie oraz mikromierz umieszczony w statywie*

- umieścić badany gwint pomiędzy wrzecionem i kowadełkiem mikromierza;
- wałeczki umieścić tak, by z jednej strony dwa znajdowały się w sąsiednich bruzdach, a pojedynczy wałeczek znajdował się w naprzeciwległej symetrycznie umieszczonej bruzdzie.



Pomiar średnicy podziałowej  $d_2$  z użyciem trzech wałeczków pomiarowych [2]

- **dokonać pomiaru wymiaru  $M_p$  w 20 przekrojach**, a uzyskane wartości zanotować.
  - Dokonać obliczenia średnicy podziałowej  $d_2$ :
- Średnicę podziałową  $d_2$  mierzonego gwintu oblicza się z zależności [2]:

$$d_2 = M_p - d_w \left( 1 + \frac{1}{\sin \alpha} \right) + \frac{P}{2 \tan \alpha} + p_1 + p_2 \quad (1)$$

gdzie:

$M_p$  – zmierzone rozstawienie wałeczków [mm];

$d_w$  – średnica wałeczków pomiarowych [mm];

$\alpha$  – kąt pochylenia boku zarysu;

$P$  – podziałka gwintu (skok) [mm];

$p_1$  – poprawka wynikających ze skręcenia wałeczków w brzdach gwintu;

$p_2$  – poprawka wynikających z ugięć sprężystych.

Po wstawieniu wartości kąta  $\alpha = 30^\circ$  dla gwintu metrycznego zależność (1) przyjmie postać:

$$d_2 = M_p - 3 \cdot d_w + 0,8660 \cdot P + p_1 + p_2 \quad (2)$$

Poprawkę kompensującą podnoszenie się wałeczków w mierzonym przekroju wskutek ich skręcania się w brzdach gwintu metrycznego oblicza się z zależności:

$$p_1 = -0,076 \cdot d_w \cdot \left( \frac{P}{d_{2teor}} \right)^2 [mm] \quad (3)$$

Do obliczenia poprawki  $p_1$  wartość  $d_{2teor}$  należy obliczyć z zależności:

$$d_{2teor} = d - 0,64952 \cdot P [mm], \quad (4)$$

Poprawkę na sprężyste ugięcie powierzchniowe w miejscach styku wałeczków z zarysem gwintu, spowodowane naciskiem pomiarowym Q, oblicza się z zależności:

$$p_2 = 0,00086 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{d_w}} [mm] \quad (5)$$

gdzie:

Q – nacisk pomiarowy w niutonach (dla mikromierza nominalny nacisk pomiarowy zawiera się w przedziale 5-10 N – do obliczeń należy przyjąć średnią wartość nacisku pomiarowego wynoszącą 7,5 N.

*Średnice wałeczków pomiarowych  $d_w / d_{wo}$ , wartości teoretyczne średnicy podziałowej  $d_{2teor}$  oraz rozstawu wałeczków pomiarowych  $M_{pteor}$*

Średnica gwintu <b>D = d</b>	Podziałka dla gwintu zwykłego <b>P</b>	Zunifikowana średnica wałeczka pomiarowego <b>d<sub>w</sub></b>	Optymalna średnica wałeczka pomiarowego <b>d<sub>wo</sub></b>	Średnica podziałowa teoretyczna <b>d<sub>2teor.</sub></b>	Odległość teoretyczna (przy nacisku 7,5 N) <b>M<sub>p teor.</sub></b>
	[mm]				
M6	1,0	0,620	0,577	5,350	6,342
M7				6,350	7,342
M8	1,25	0,725	0,722	7,188	8,279
M9				8,188	9,278
M10	1,50	0,895	0,866	9,026	10,410
M11				10,026	11,410
M12	1,75	1,100	1,010	10,863	12,647
M14	2,0	1,350	1,155	12,701	15,019
M16				14,701	17,018
M18	2,5	1,650	1,443	16,376	19,161
M20				18,376	21,161
M22				20,376	23,160
M24	3,0	2,050	1,732	22,051	25,604
M27				25,051	28,603
M30	3,5	2,050	2,021	27,727	30,846
M33				30,727	33,845

d) Na podstawie obliczeń określić tolerancję wykonania średnicy zewnętrznej i podziałowej badanego gwintu.

e) Na podstawie normy dobrać symbolowe oznaczenia dla pól tolerancji średnicy zewnętrznej i podziałowej oraz ustalić czy gwint jest poprawnie wykonany.

### 5.3.Wnioski

We wnioskach należy zawrzeć stwierdzenie czy gwint wykonany jest poprawnie. Stwierdzenia te należy udokumentować odniesieniami do uzyskanych wyników pomiarów, tolerancji wykonania elementu oraz zaleceń dotyczących geometrii wykonania gwintów.

## 6. TABELE DO DOBORU SZEREGÓW TOLERANCJI I ODCHYLEK PODSTAWOWYCH GWINTÓW [2]

Wartości szeregów tolerancji dla średnicy  $d_2$

Średnica znamionowa		P	Szereg tolerancji $T_{d2}$						
powyżej	do		3	4	5	6	7	8	9
[mm]		[mm]	[μm]						
0,99	1,4	0,20	24	30	38	48	(60)	(75)	–
		0,25	26	34	42	53	(67)	(85)	–
		0,30	28	36	45	56	(71)	(90)	–
1,4	2,8	0,20	25	32	40	50	(63)	(80)	–
		0,25	28	36	45	56	(71)	(90)	–
		0,35	32	40	50	63	80	(100)	–
		0,40	34	42	53	67	85	(106)	–
2,8	5,6	0,45	36	45	56	71	90	(112)	–
		0,25	28	36	45	56	71	–	–
		0,35	34	42	53	67	85	(106)	–
		0,50	38	48	60	75	95	(118)	–
		0,60	42	53	67	85	106	(132)	–
		0,70	45	56	71	90	112	(140)	–
		0,75	45	56	71	90	112	(140)	–
5,6	11,2	0,80	48	60	75	95	118	150	190
		0,25	32	40	50	63	(80)	–	–
		0,35	36	45	56	71	90	–	–
		0,50	42	53	67	85	106	(132)	–
		0,75	50	63	80	100	125	(160)	–
		1,00	56	71	90	112	140	180	224
		1,25	60	75	95	118	150	190	236
11,2	22,4	1,50	67	85	106	132	170	212	265
		0,35	38	48	60	75	95	–	–
		0,50	45	56	71	90	112	(140)	–
		0,75	53	67	85	106	132	(170)	–
		1,00	60	75	95	118	150	190	236
		1,25	67	85	106	132	170	212	265
		1,50	71	90	112	140	180	224	280
		1,75	75	95	118	150	190	236	300
		2,00	80	100	125	160	200	250	315
22,4	45,0	2,50	85	106	132	170	212	265	335
		0,50	48	60	75	95	118	–	–
		0,75	56	71	90	112	140	(180)	–
		1,00	63	80	100	125	160	200	250
		1,50	75	95	118	150	190	236	300
		2,00	85	106	132	170	212	265	335
		3,00	100	125	160	200	250	315	400
		3,50	106	132	170	212	265	335	425
		4,00	112	140	180	224	280	355	450
4,50	118	150	190	236	300	375	475		



Wartości szeregów tolerancji  
dla średnicy **d**

P	Td		
	4	6	8
[mm]	[μm]		
0,20	36	56	—
0,25	—	—	—
0,30	48	75	—
0,35	53	85	—
0,40	60	95	—
0,45	63	100	—
0,50	67	106	—
0,60	80	125	—
0,70	90	140	—
0,75	90	140	—
0,80	95	150	236
1,00	112	180	280
1,25	132	212	335
1,50	150	236	375
1,75	170	265	425
2,0	180	280	450
2,5	212	335	530
3,0	236	375	600
3,5	265	425	670
4,0	300	475	750
4,5	315	500	800
5,0	335	530	850
5,5	355	560	900
6,0	375	600	950

Wartości liczbowe  
odchyłek podstawowych **es**

P	es dla d oraz d <sub>2</sub>			
	e	f	g	h
[mm]	[μm]			
0,20	—	-32	-17	0
0,25	—	-33	-18	0
0,30	—	-33	-18	0
0,35	—	-34	-19	0
0,40	—	-34	-19	0
0,45	—	-35	-20	0
0,50	-50	-36	-20	0
0,60	-53	-36	-21	0
0,70	-56	-38	-22	0
0,75	-56	-38	-22	0
0,80	-60	-38	-24	0
1,00	-60	-40	-26	0
1,25	-63	-42	-28	0
1,50	-67	-45	-32	0
1,75	-71	-48	-34	0
2,0	-71	-52	-38	0
2,5	-80	-58	-42	0
3,0	-85	-63	-48	0
3,5	-90	-70	-53	0
4,0	-95	-75	-60	0
4,5	-100	-80	-63	0
5,0	-106	-85	-71	0
5,5	-112	-90	-75	0
6,0	-118	-95	-80	0

## 7. PRZYKŁAD OPRACOWANIA WYNIKÓW POMIARÓW

1. Oględziny: gwint nie jest zużyty. Do poprawnego przeprowadzenia pomiarów gwint wymaga wyczyszczenia.

2. Pomiary wstępne:

2.1. Pomiar średnicy zewnętrznej  $d$  suwmiarką – uzyskano następujące wartości:

$$d_1 = 9,98 \text{ mm}; d_2 = 9,87 \text{ mm}; d_3 = 9,94 \text{ mm}; d_4 = 9,89 \text{ mm}; d_5 = 9,95 \text{ mm}$$

2.2. Ocena zarysu gwintu za pomocą wzornika zarysu – zarysowi kontrolowanego gwintu odpowiada zarys wzornika MWGa, a zatem jest to gwint metryczny. Dobry wzornik odpowiada podziałce  $P = 1,5 \text{ mm}$ .

2.3. Na podstawie pomiarów wstępnych przyjęto gwint jako **M10 x 1,5**.

3. Pomiary stykowe:

3.1. Pomiar średnicy zewnętrznej mikromierzem (pomiaru dokonać na całej długości gwintu w różnych położeniach kątowych):

$d_1 = 9,991 \text{ mm}$	$d_6 = 9,981 \text{ mm}$	$d_{11} = 9,973 \text{ mm}$	$d_{16} = 9,980 \text{ mm}$
$d_2 = 9,974 \text{ mm}$	$d_7 = 9,925 \text{ mm}$	$d_{12} = 9,968 \text{ mm}$	$d_{17} = 9,978 \text{ mm}$
$d_3 = 9,948 \text{ mm}$	$d_8 = 9,891 \text{ mm}$	$d_{13} = 9,974 \text{ mm}$	$d_{18} = 9,981 \text{ mm}$
$d_4 = 9,963 \text{ mm}$	$d_9 = 9,977 \text{ mm}$	$d_{14} = 9,867 \text{ mm}$	$d_{19} = 9,892 \text{ mm}$
$d_5 = 9,971 \text{ mm}$	$d_{10} = 9,989 \text{ mm}$	$d_{15} = 9,983 \text{ mm}$	$d_{20} = 9,986 \text{ mm}$

Na podstawie pomiarów uzyskano rzeczywisty wymiar graniczny górny wynoszący **9,991 mm** oraz rzeczywisty wymiar graniczny dolny **9,867 mm**. Zatem odchyłka górna wynosi  $es_{drz} = -0,009 \text{ mm}$ , odchyłka dolna  $ei_{drz} = -0,133 \text{ mm}$ , a rzeczywista tolerancja średnicy zewnętrznej wynosi  $T_{drz} = 0,124 \text{ mm}$ .

Dobierając pole tolerancji należy przyjąć najmniejszą możliwą wartość, która obejmuje wszystkie odchyłki rzeczywiste.

Dobierając z tabeli oznaczenia symbolowe należy przyjąć położenie pola tolerancji jako **h**, dla którego odchyłka górna  $es_d = 0,000 \text{ mm}$ . Zatem, żeby objąć całe zmierzone pole tolerancja powinna wynosić  $0,133 \text{ mm}$ . Zgodnie z tabelą pole tolerancji dla gwintu o podziałce  $1,5 \text{ mm}$  odpowiadające **4** klasie wynosi  $T_d = 150 \mu\text{m}$ , a odchyłka dolna  $ei_d = -0,150 \text{ mm}$ .

3.2. Pomiar średnicy podziałowej mikromierzem z końcówką pryzmatyczną i stożkową (pomiaru dokonać na całej długości gwintu w różnych położeniach kątowych):

$d_{2\ 1} = 8,951 \text{ mm}$	$d_{2\ 6} = 8,885 \text{ mm}$	$d_{2\ 11} = 8,894 \text{ mm}$	$d_{2\ 16} = 8,880 \text{ mm}$
$d_{2\ 2} = 8,932 \text{ mm}$	$d_{2\ 7} = 8,862 \text{ mm}$	$d_{2\ 12} = 8,860 \text{ mm}$	$d_{2\ 17} = 8,871 \text{ mm}$
$d_{2\ 3} = 8,901 \text{ mm}$	$d_{2\ 8} = 8,879 \text{ mm}$	$d_{2\ 13} = 8,899 \text{ mm}$	$d_{2\ 18} = 8,947 \text{ mm}$
$d_{2\ 4} = 8,912 \text{ mm}$	$d_{2\ 9} = 8,953 \text{ mm}$	$d_{2\ 14} = 8,923 \text{ mm}$	$d_{2\ 19} = 8,882 \text{ mm}$
$d_{2\ 5} = 8,944 \text{ mm}$	$d_{2\ 10} = 8,912 \text{ mm}$	$d_{2\ 15} = 8,948 \text{ mm}$	$d_{2\ 20} = 8,916 \text{ mm}$

Na podstawie pomiarów uzyskano rzeczywisty wymiar graniczny górny wynoszący **8,953 mm** oraz rzeczywisty wymiar graniczny dolny **8,860 mm**. Zgodnie ze wzorem  $d_2 = d - 0,64952 \cdot P$  obliczono teoretyczną średnicę podziałową gwintu  $d_{2\text{teor}} = 9,026 \text{ mm}$ .

Zatem rzeczywista odchyłka górna wynosi  $es_{d_{2rz}} = -0,073 \text{ mm}$ , rzeczywista odchyłka dolna  $ei_{d_{2rz}} = -0,166 \text{ mm}$ , a rzeczywista tolerancja średnicy podziałowej wynosi  $T_{d_{2rz}} = 0,093 \text{ mm}$ .

Dobierając z tabeli oznaczenia symbolowe należy przyjąć położenie pola tolerancji jako **e**, dla którego odchyłka górna  $es_{d_2} = -0,067 \text{ mm}$ . Zatem, żeby objąć całe zmierzone pole tolerancja powinna wynosić 0,099 mm. Zgodnie z tabelą pole tolerancji dla gwintu o podziałce  $P = 1,5 \text{ mm}$  i średnicy  $d = 10 \text{ mm}$  odpowiadające **5** klasie wynosi  $T_{d_2} = 106 \text{ }\mu\text{m}$ , a odchyłka dolna  $ei_{d_2} = -0,173 \text{ mm}$

Zatem oznaczenie śruby dla pomiarów z punktu 3.1 i 3.2 należy zapisać jako **M10 x 1,5 - 5e 4h**

### 3.3. Pomiar średnicy podziałowej metoda 3-wałeczkową (pomiaru dokonać na całej długości gwintu w różnych położeniach kątowych):

$M_{p_1} = 10,340 \text{ mm}$	$M_{p_6} = 10,242 \text{ mm}$	$M_{p_{11}} = 10,281 \text{ mm}$	$M_{p_{16}} = 10,281 \text{ mm}$
$M_{p_2} = 10,318 \text{ mm}$	$M_{p_7} = 10,257 \text{ mm}$	$M_{p_{12}} = 10,301 \text{ mm}$	$M_{p_{17}} = 10,320 \text{ mm}$
$M_{p_3} = 10,302 \text{ mm}$	$M_{p_8} = 10,288 \text{ mm}$	$M_{p_{13}} = 10,338 \text{ mm}$	$M_{p_{18}} = 10,308 \text{ mm}$
$M_{p_4} = 10,298 \text{ mm}$	$M_{p_9} = 10,274 \text{ mm}$	$M_{p_{14}} = 10,314 \text{ mm}$	$M_{p_{19}} = 10,297 \text{ mm}$
$M_{p_5} = 10,309 \text{ mm}$	$M_{p_{10}} = 10,248 \text{ mm}$	$M_{p_{15}} = 10,253 \text{ mm}$	$M_{p_{20}} = 10,265 \text{ mm}$

Na podstawie pomiarów uzyskano największy wymiar  $M_p$  wynoszący **10,340 mm**, a najmniejszy **10,242 mm**. Po obliczeniach uzyskano rzeczywiste graniczne wymiary średnicy podziałowej: górny wynoszący **8,956 mm** oraz dolny wynoszący **8,858 mm**. Zatem rzeczywista odchyłka górna wynosi  $es_{d_{2rz}} = -0,070 \text{ mm}$ , rzeczywista odchyłka dolna  $ei_{d_{2rz}} = -0,168 \text{ mm}$ , a rzeczywista tolerancja średnicy podziałowej wynosi  $T_{d_{2rz}} = 0,098 \text{ mm}$ .

Dobierając z tabeli oznaczenia symbolowe należy przyjąć położenie pola tolerancji jako **e**, dla którego odchyłka górna  $es_d = -0,067 \text{ mm}$ . Zatem, żeby objąć całe zmierzone pole tolerancja powinna wynosić 0,099 mm. Zgodnie z tabelą pole tolerancji dla gwintu o podziałce  $P = 1,5 \text{ mm}$  i średnicy  $d = 10 \text{ mm}$  odpowiadające **5** klasie wynosi  $T_{d_2} = 106 \text{ }\mu\text{m}$ , a odchyłka dolna  $ei_{d_2} = -0,173 \text{ mm}$

Zatem oznaczenie śruby dla pomiarów z punktu 3.1 i 3.3 należy zapisać jako **M10 x 1,5 - 5e 4h**

## 4. Wnioski:

Przeprowadzone pomiary szczegółowe potwierdziły wstępnie uzyskaną informację, że badaniu poddawany jest gwint metryczny M10 x 1,5. Badany gwint spełnia wymagania dotyczące wymiarów tolerowanych. W przypadku pomiaru średnicy zewnętrznej  $d$  uzyskano położenie pola tolerancji 4h. Dla pomiarów średnicy podziałowej  $d_2$  pole tolerancji wynosi 5e. Należy uznać, że gwint jest wykonany poprawnie.