

**KATEDRA TECHNOLOGII MASZYN
I AUTOMATYZACJI PRODUKCJI**

ĆWICZENIE NR 2

TEMAT ĆWICZENIA:

**POMIAR KRZYWEK W UKŁADZIE WSPÓLRZĘDNYCH
BIEGUNOWYCH**

ZADANIA DO WYKONANIA:

1. Pomiar rzeczywistego zarysu krzywki.
2. Pomiar wzajemnego rozmieszczenia krzywek.

Pomiar zarysu o zmiennej krzywiznie w układzie współrzędnych biegunowych umożliwia tzw. przyrząd Zeissa, którego widok ogólny przedstawiony jest na rys. 1.

Na żeliwnym łożu z prowadnicami zamocowana jest optyczna głowica podziałowa poziomy długościomierz Abbego oraz przesuwany konik z kłem. Przedmiot mierzony (np. wałek rozrządu) jest najczęściej mocowany w kłach podzielnicy i konika, a poprzez zabierak sprzęga się ruch obrotowy wrzeciona głowicy z przedmiotem.

Optyczna głowica podziałowa służy do dokładnego pomiaru kąta obrotu lub do dokładnego podziału kąтового.

W celu odczytania kąta na podziałce kątowej widocznej na matówce okularu głowicy (rys. 1b) należy poprzez obrót pokrętkiem P śruby ustawczej wprowadzić linię spirali 2 między bisektory 1 podziałki z działką elementarną 10'. W okienku dolnym okularu widoczna jest kreska indeksowa 3, służąca do dokładnego odczytania na podziałce minutowej i sekundowej. Górny rząd cyfr 4 oznacza podziałkę minutową, dolny 5 sekundową. Działka elementarna podziałki sekundowej wynosi 3".

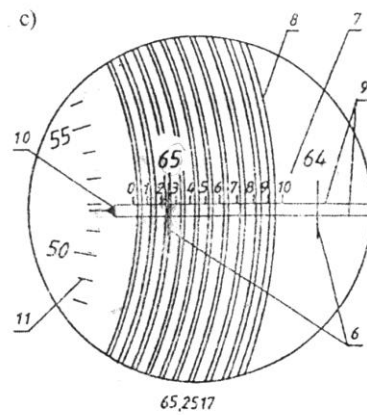
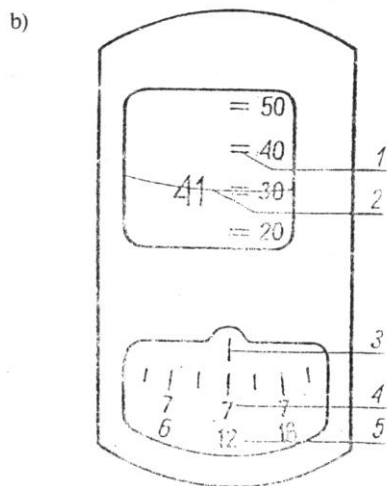
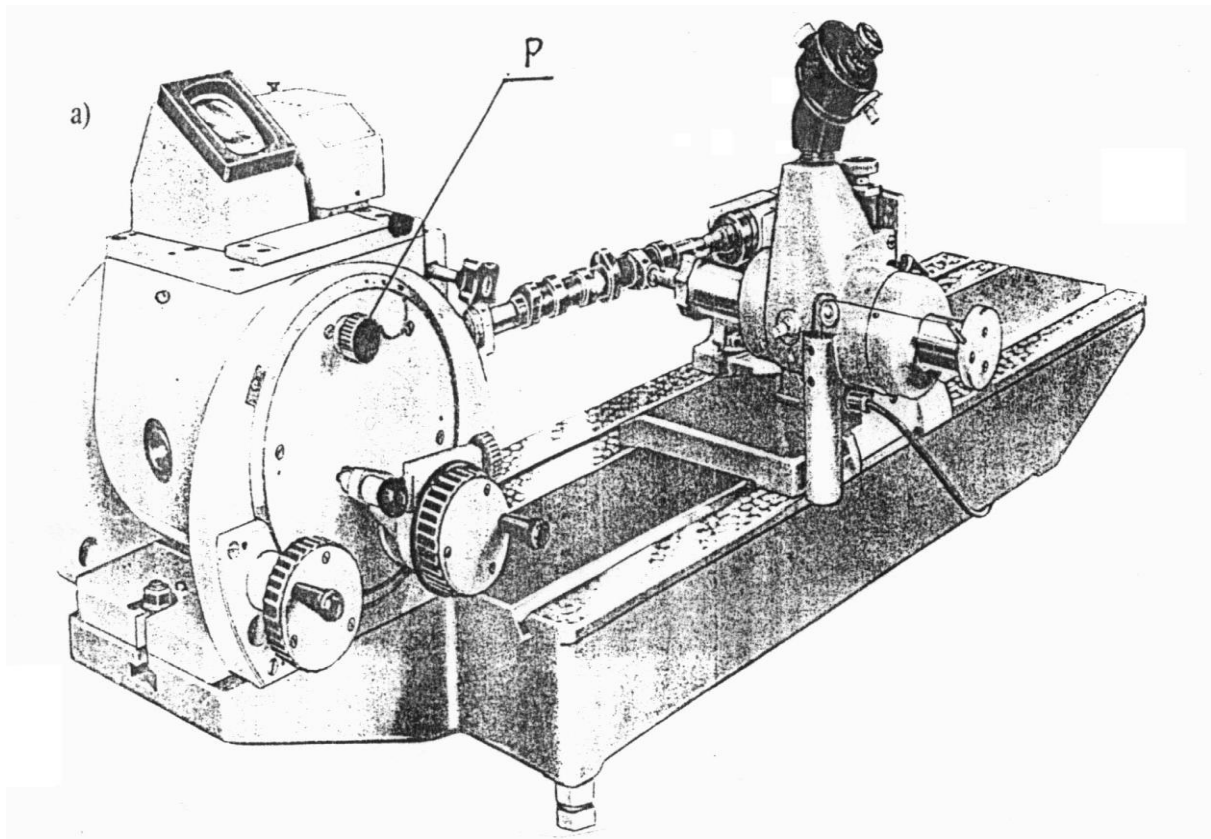
Graniczny błąd pomiaru kąta wynosi:

$$\Delta\alpha = \pm \left(A + 10 \sin \left(\frac{\beta}{2} \right) \right) \quad ['']$$

gdzie: A - współczynnik zależny od sposobu obróbki powierzchni przedmiotu

A = 10 dla szlifowania, A = 20 dla toczenia i frezowania

β - różnica kątów z dwóch ustawień.



Kolejność odczytu:

w górnym okienku $41^{\circ}30'$

w dolnym okienku $7'12''$

ostatecznie $41^{\circ}37'12''$

Rys. 1.

a) ogólny widok optycznej głowicy podziałowej

b) widok podziałki kątowej okularu głowicy

c) widok w okularze mikroskopu odczytowego długościomierza Abbego

Długościomierz poziomy Abbego (rys. 2b) składa się z następujących elementów: pokrętła blokady przesuwu zespołu 1, pokrętła przesuwu pionowego 2, obudowy 3, zaczepu linki ciężarka 4, osłony ciężarka 5, rolki linki 6, pokrętła blokady trzpienia 7, obudowy 8, trzpienia pomiarowego 9, pierścienia mocowania końcówki pomiarowej 10, blokady zerowania mikroskopu odczytowego 11, pokrętła zerowania 12, mikroskopu odczytowego 13, okularu 14, pokrętła obrotu spirali Archimedesesa 15, wymiennej końcówki pomiarowej 16. Szklany wzorzec kreskowy i wymiar mierzony usytuowany jest w tej samej osi zgodnie z postulatem Abbego.

Budowę mikroskopu odczytowego ze spiralą Archimedesesa przedstawiono na rys. 2c natomiast widok w okularze i sposób odczytu wskazań ze wzorców o wartości działki elementarnej $1\mu\text{m}$ na rys 2d.

Główne elementy mikroskopu są następujące: wzorzec szklany 1, obiektyw 2, płytka z noniusem 3, płytka obrotowa ze spiralą Archimedesesa 4, okular 5, kresy wzorca 6, noniusz 7 ($M = 0$), podwójna spirala Archimedesesa 8, linie wyznaczające strefę symetrycznego obejmowania kresy wzorca przez podwójną spiralę 9, przeciwskaz 10 i podziałka kreskowa płytki obrotowej 11. Na płytce 3 naniesiony jest noniusz o module $M = 0$ zawierający 10 działek o długości 0,1 mm, dwie linie równoległe 9 i wskaźnik odczytu 10 do odczytywania wskazań z podziałki kreskowej 11 naniesionej na obwodzie płytki obrotowej 4. Na płytce obrotowej nacięta jest podwójna spirala Archimedesesa 8 o skoku 0,1 mm oraz podziałka 11 o stu działkach elementarnych o wartości 0,001 mm. Istnieje więc możliwość odczytu przez interpolację z dokładnością 0,1 działki elementarnej, tj. 0,0001 mm.

W celu odczytania wskazania należy obracać szklaną płytkę 4 z podziałką kreskową 11 i podwójną spiralą Archimedesesa 8, aż nieruchoma kreska wzorca szklanego 1 zostanie symetrycznie objęta przez podwójne linie spirali 8, w miejscu ograniczonym równoległymi liniami 9. Całkowitą wartość wskazania w milimetrach odczytuje się ze skali wzorca w miejscu powyżej kresy wzorca 6, leżącej w obszarze spirali Archimedesesa zawartej między jej podwójnymi liniami 8. Dziesiętne części milimetra wyrażają liczby nad kreskami noniusza 9. Setne i tysięczne części milimetra oraz dziesięciotysięczne (przez interpolację) odczytuje się z podziałki 11. Błąd graniczny e_{sp} mikroskopu odczytowego ze spiralą Archimedesesa składa się z trzech składników:

$$e_{sp} = \pm\sqrt{2e_b^2 + 2e_o^2 + f_s^2}$$

gdzie:

e_b - błąd symetrycznego nastawienia kreski wzorca między dwoma liniami spirali Archimedesesa,

e_o - błąd odczytania (interpolacji) wskazania,

f_s - oszacowanie błędu granicznego spirali Archimedesesa, tj. zniekształcenia spirali i mimośrodowość jej osi obrotu względem osi nominalnej.

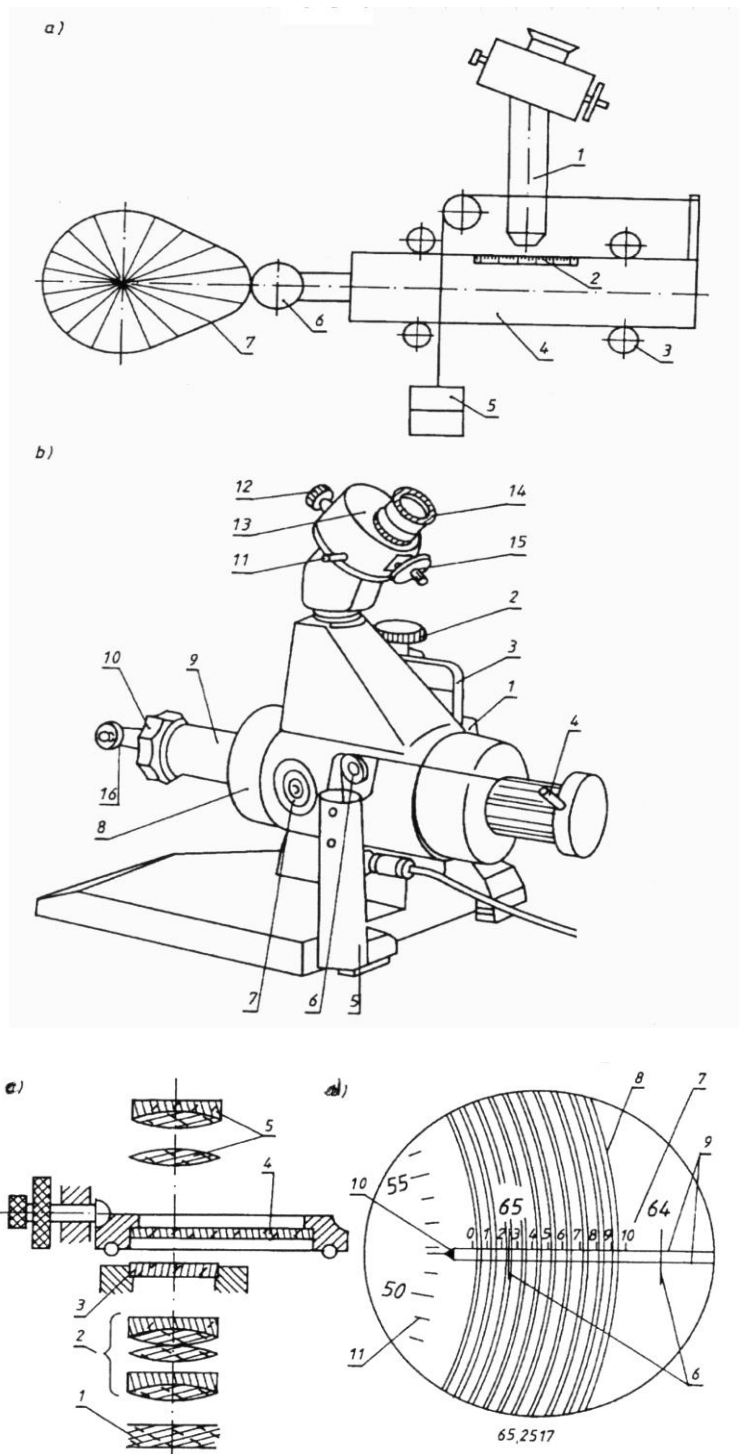
Wynik pomiaru przy użyciu wzorca kreskowego i mikroskopu odczytowego jest różnicą dwóch wskazań, dlatego błędy symetrycznego ustawienia kreski wzorca w bisektorze i odczytania występują dwukrotnie we wzorze. Według danych firmy: $e_b = \pm 0,25\mu\text{m}$, $e_o = \pm 0,05\mu\text{m}$, $f_s = \pm 0,5\mu\text{m}$, a więc graniczny błąd dokładności mikroskopu odczytowego wynosi $\pm 0,62\mu\text{m}$. Natomiast niedokładność pomiaru uwzględniająca błędy graniczne końcówek pomiarowych i warunki pomiaru według danych firmowych dane są wzorem

$$\Delta L = \pm\left(C_x + \left(\frac{L}{100}\right)\right) [\mu\text{m}]$$

gdzie:

L - długość mierzona w mm,

C_x – współczynnik uwzględniający rodzaj końcówki pomiarowej i rodzaj pomiaru ($C_x = 1,5$ - dla końcówki kulistej, $C_x = 1,8$ - dla końcówki płaskiej, $C = 2$ - dla pomiarów wewnętrznych).



Rys. 2. Długościomierz poziomy Abbego:

- a) zasada pomiaru i główne zespoły,
- b) elementy funkcjonalne,
- c) budowa mikroskopu odczytowego,
- d) widok w okularze mikroskopu odczytowego.

Zadanie 1

Pomiar zarysu krzywki w układzie współrzędnych biegunowych.

• Czynności wstępne

W pierwszej kolejności należy zamocować przedmiot mierzony (wałek rozrządu) w kłach głowicy podziałowej i konika. Najczęściej pomiar dokonywany jest w osi wałka (krzywki), więc należy ustawić końcówkę pomiarową długościomierza w osi kłów za pomocą pokrętła 2. Kręcąc pokrętłem 2 należy uzyskać maksymalną wartość wskazania przy styku końcówki pomiarowej długościomierza z elementem walcowym. Ponieważ wskazania długościomierza odbiegają zazwyczaj od rzeczywistego wymiaru promienia mierzonego elementu na skutek zastosowania różnych końcówek pomiarowych (nie można ustawić wskazania zerowego w osi mierzonych przedmiotów), należy wyznaczyć poprawkę ΔR ze wzoru:

$$\Delta R = \frac{d_w}{2} - O_p$$

gdzie:

d_w – wartość zmierzona średnicy powierzchni walcowej np. za pomocą mikrometru,
 O_p – odczyt wskazania długościomierza dla danej powierzchni walcowej.

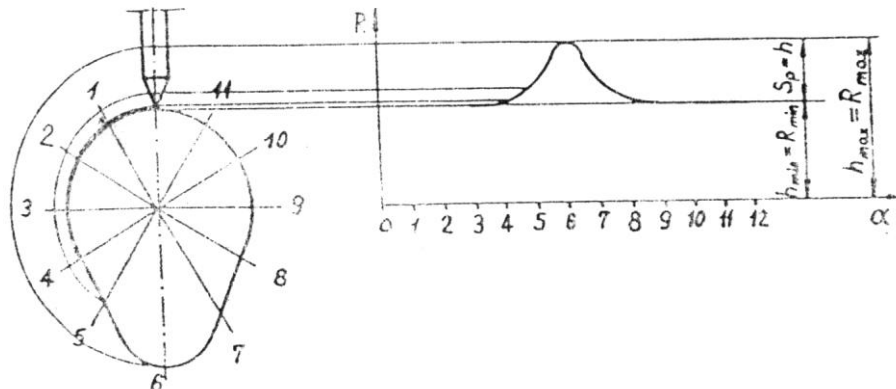
• Pomiar zarysu krzywki

Przyrząd pomiarowy należy ustawić naprzeciw mierzonej krzywki. Następnie doprowadzamy ostrożnie do zetknięcia się końcówki pomiarowej z krzywką. Każde uderzenie końcówką pomiarową w krzywkę przy ustawianiu wymaga powtórzenia czynności ustawczych. Do pomiaru należy ustawić krzywkę w położeniu najmniejszej wartości jej promienia i dokonywać pomiaru co określoną wartość kąta obrotu. Wartość promienia jest sumą wartości odczytu $O_{\alpha i}$ i określonej uprzednio poprawki ΔR .

$$R = O_{\alpha i} + \Delta R$$

Po naniesieniu w układzie $R - \alpha$ wyników pomiarów wykonuje się wykres krzywki (rys. 3) i wyznacza maksymalny skok krzywki S_p .

$$S_p = R_{\max} - R_{\min}$$

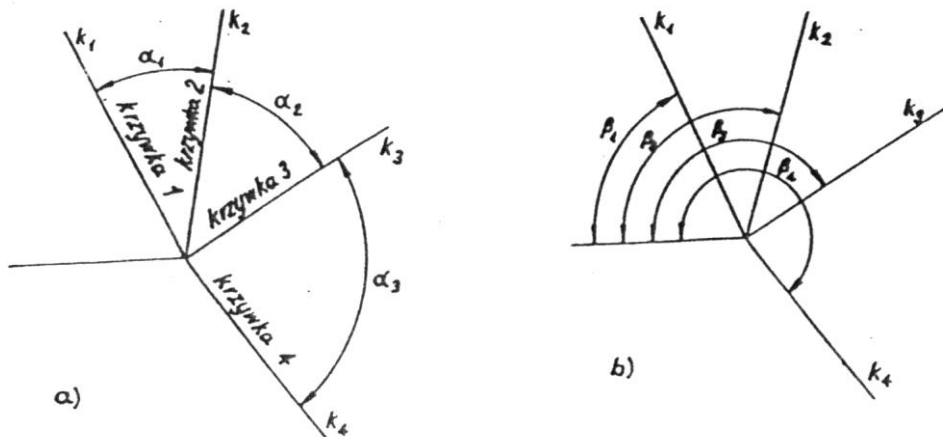


Rys. 3. Wykres krzywki

Zadanie 2

Pomiar wzajemnego ustawiania krzywek

Dla każdej krzywki określamy położenie katowe charakterystycznego fragmentu powierzchni (np. największego lub najmniejszego promienia). Obracamy mierzone krzywki obserwując wskazania przyrządu i dla maksymalnej wartości promienia odczytujemy położenie katowe krzywki. Rozmieszczenie katowe krzywek można przedstawić graficznie jednym ze sposobów podanych na rys. 4.



Rys. 4. Kąty rozmieszczenia krzywek:

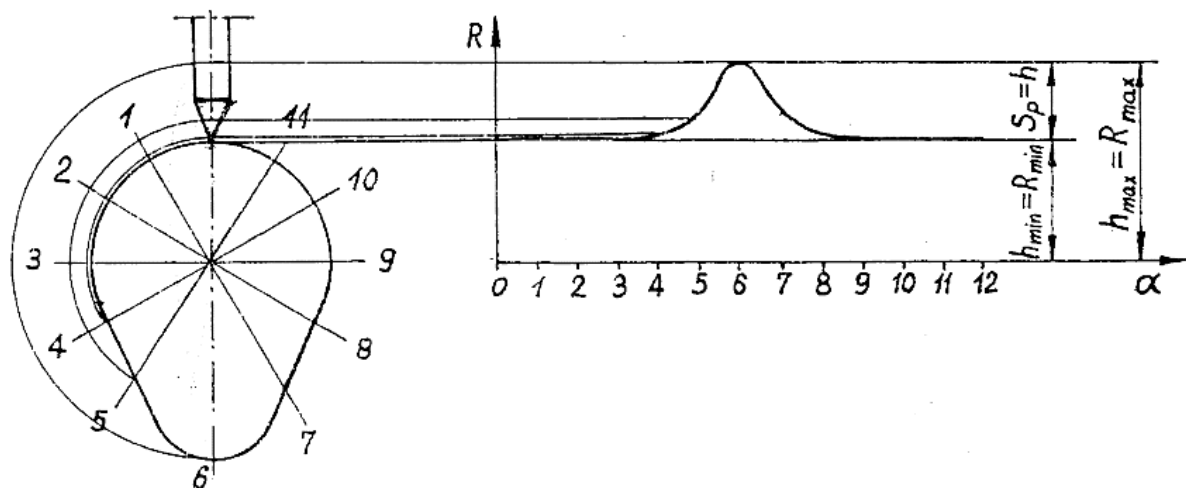
- a) kąty pomiędzy poszczególnymi krzywkami
- b) suma kątów od położenia zerowego

TABELE POMIAROWE

1. Wykonać pomiary, zapisując wyniki w tabeli 1 i 2.
2. Obliczenia dołączyć na osobnych kartkach.
3. Wykonać wykres krzywki.
4. Wykonać wykres przesunięcia kąowego krzywek.
5. Wyznaczyć błąd graniczny mikroskopu e_{sp} .
6. Opracować protokół i wnioski.

Tabela 1. Wyniki pomiarów

Lp.	Średnica powierzchni walcowej	Wskazanie długościomierza dla danej powierzchni walcowej	Poprawka
	d_w	O_p	ΔR
mm			
1			
2			
3			
\bar{d}_w			
e			



Rys. 1. Wykres krzywki

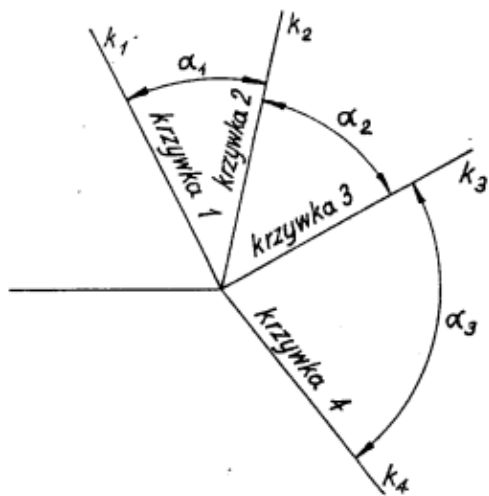
Tabela 2. Wyniki pomiarów krzywki

Lp.	Kąt obrotu	Wskazanie długościomierza	Promień	Promień maksymalny	Promień minimalny	Maksymalny skok krzywki
	α	$O_{\alpha i}$	R	R_{max}	R_{min}	S_p
	°	mm				
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

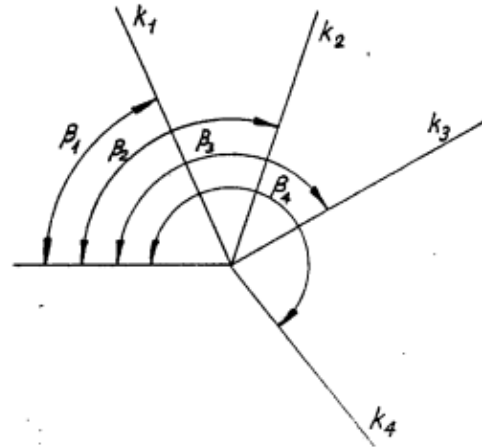
Tabela 3. Wyniki pomiarów przesunięcia kąтового krzywek

		Numer krzywki			
		1	2	3	4
R_{max}					
Odczyt kąta obrotu dla R_{max}	1				
	2				
	3				
	$\bar{\alpha}$				
Różnica kątów, gdy $\alpha_1 = 0^\circ$		0°			

a)



b)



Rys. 2. Kąty rozmieszczenia krzywek

a) kąty pomiędzy poszczególnymi krzywkami – α

b) suma kątów od położenia zerowego – β

Tabela 5. Kąty pomiędzy poszczególnymi krzywkami

α_1	α_2	α_3

Tabela 5. Suma kątów od położenia zerowego

β_1	β_2	β_3	β_4