

Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji

Pracownia Metrologii i Badań Jakości

Laboratorium Metrologii Wielkości Geometrycznych

POMIARY KRZYWEK

Opracował:

**dr inż.
Stanisław FITA**

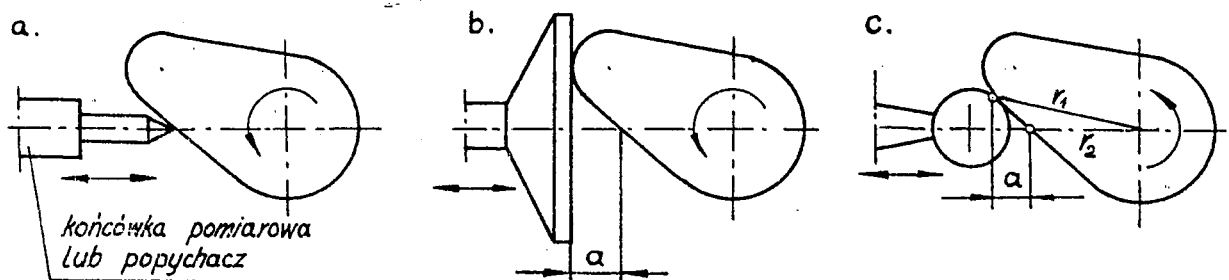


POMIARY KĄTÓW Z ZASTOSOWANIEM PODZIELNICY
OPTYCZNEJ I STOŁU PODZIAŁOWEGO

10.1. Pomiar krzywek

10.1.1. Wstęp

Mechanizmy krzywkowe płaskie lub przestrzenne, składają się z krzywki i popychacza zakończonego ostrzem, krążkiem lub talerzykiem. Pomiar tych mechanizmów polega zwykle na wyznaczeniu zarysu krzywki lub przemieszczeń popychacza w funkcji kąta obrotu krzywki. Wyniki pomiarów mogą służyć nie tylko do stwierdzenia poprawności wykonania krzywki, lecz pozwalają również, po zróżniczkowaniu graficznym, na wyznaczenie przebiegu prędkości i przyspieszeń. Pomiar zarysu krzywki można przeprowadzić w sposób bezpośredni stosując ostrzową końcówkę pomiarową (rys.10.1a) lub pośrednio stosując końcówkę o powierzchni płaskiej lub kulistej (rys.10.1b,c). Pomiar pośrednie są zalecane z dwóch powodów - są bezpieczniejsze dla mierzonej powierzchni oraz gdy wymiar lub kształt

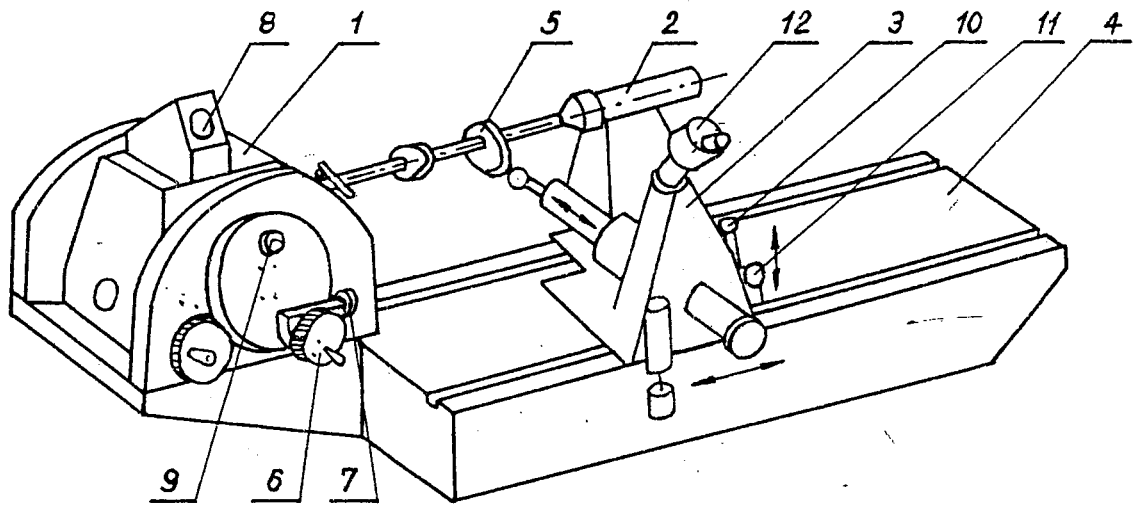


Rys.10.1. Pomiar krzywek końcówką: a - ostrzową, b - płaską, c - kulistą.

kończówki pomiarowej jest identyczny z popychaczem, to wyniki tak przeprowadzanych pomiarów przemieszczeń mogą być wykorzystane do określenia jego zakresu ruchu, przemieszczeń i przyspieszeń.

10.1.2. Opis stanowiska pomiarowego

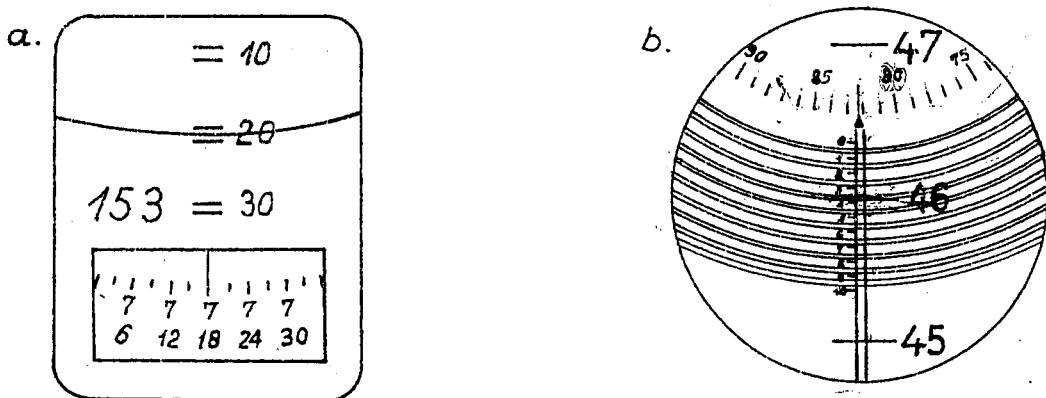
Pomiary przeprowadza się na stanowisku pomiarowym (rys.10.2) składającym się z optycznej podzielnicy kątowej 1, konika 2 oraz przyrządu 3 do pomiaru krzywek, ustawionych na ławie 4. Mierzony przedmiot 5 umieszczony w kłach, obracany jest pokrętłem 6 podzielnicy, zaś do precyzyjnego jego obrotu służy pokrętło 7. Odczytu położenia kąтового krzywki dokonuje się na ekranie 8. Dla prawi-



Rys.10.2. Stanowisko do pomiaru krzywek

dłowego odczytu kąta należy pokrętkiem 9 ustawić noniusz spiralny symetrycznie w środku podwójnych kresek (bisektorów) podziałki kątowej i dla takiego stanu odczytać wartość kąta.

Pomiaru promienia krzywki, z dokładnością do 0,001 mm, dokonuje się przyrządem 3 będącym specjalną odmianą długościomierza poziomego. Za pomocą pokrętła 10 można przemieszczać w kierunku pionowym korpus przyrządu, czyli zmieniać wysokość osi przyrządu w stosunku do osi kłów podziałnicy. Zacisk 11 umożliwia zablokowanie przyrządu w dowolnym miejscu na ławie. Wartości przemieszczenia końcówki pomiarowej odczytuje się w okularze przyrządu wykorzystując noniusz ze spiralą Archimedesa.



Rys. 10.3. Urządzenia odczytowe ze spiralą Archimedesa: a - podziałnicy optycznej, b - urządzenia do pomiaru krzywek.

Na rys.10.3 przedstawiono obrazy pół odczytowych na ekranie podziałnicy kątowej (a) oraz w okularze przyrządu do pomiaru krzywek (b) wraz z przykładowymi odczytami.

10.1.3. Pomiar rzeczywistego zarysu krzywki

10.1.3.1. Czynności wstępne (ustawcze)

a - Zamocowanie mierzonego przedmiotu (wałka rozrządu)

Oczyścić przedmiot mierzony zwracając uwagę na oczyszczenie również nakiełków i ich lekkie nasmarowanie. Na przedmiocie zamocować obejmę i następnie umieścić go między kłami podzielnicy i konika. Docisk kłów powinien być umiarkowany, gdy jest on nadmierny, to w wyniku działania sprzęgła przeciążeniowego podzielnicy niemożliwy jest obrót przedmiotu pokrętkiem 6. Brak wyczuwalnego luzu przy próbie przemieszczania ręką przedmiotu mierzonego gwarantuje poprawność jego zamocowania przy minimalnym zacisku.

b - Pomiar średnicy wybranej powierzchni walcowej

Dla ustalenia powiązania wskazań przyrządu do pomiaru krzywek z położeniem osi kłów dokonuje się pomiaru średnicy walcowego fragmentu wałka rozrządu. Pomiar ten wykonuje się śrubą mikrometryczną, najlepiej o działce elementarnej 0,001 mm, w kilku przekrojach wałka. Wartość średnicy wyznaczyć jako średnią z minimum trzech odczytów.

c - Ustawienie wysokości przyrządu

Ponieważ pomiar krzywki, lub ruchu popychacza, powinien uwzględniać nie tylko rodzaj popychacza lecz również jego ustawienie względem środka obrotu krzywki, dlatego należy ustawić przyrząd pomiarowy, a tym samym jego końcówkę pomiarową, na odpowiedniej wysokości w stosunku do osi mierzonego wałka rozrządu. Najczęściej umieszczany jest w osi wałka. W związku z tym należy ostrożnie doprowadzić do zetknięcia końcówki pomiarowej z mierzoną powierzchnią walcową. Kręcąc pokrętkiem 10 uzyskać maksymalną wartość wskazania przyrządu, odpowiada to największej cięciwie (średnicy) tej powierzchni walcowej, a więc wysokości odpowiadającej wysokości osi kłów.

d - Ustalenie wskazania przyrządu

Położenie końcówki przyrządu ustalone w wyniku zabiegów dokonanych w poprzednich punktach odpowiada położeniu jej w odległości równej połowie zmierzonej średnicy powierzchni walcowej mierzonego wałka rozrządu. Wskazanie przyrządu (jego wartość) odbiega zwykle od rzeczywistego wymiaru promienia, co wynika przede wszystkim z różnych długości stosowanych końcówek pomiarowych. Dlatego

też należy dokonać w tym położeniu odczytu wartości wskazania O_p , dla wartości promienia wałka $d_w/2$. Wartość poprawki ΔR dla określenia położenia końcówki pomiarowej od osi kłków można wyznaczyć ze wzoru

$$\Delta R = d_w/2 - O_p \quad (10.1)$$

Dla uniknięcia kłopotliwych przeliczeń wartości odczytywanych, gdy ΔR jest różne od wartości całkowitej, można pokrętłem 12 przemieścić okular odczytowy. Wskazanie to można ustawić na najbliższą wartość całkowitą, lub uwzględnić w nim wartość promienia powierzchni, na której dokonujemy ustawienia.

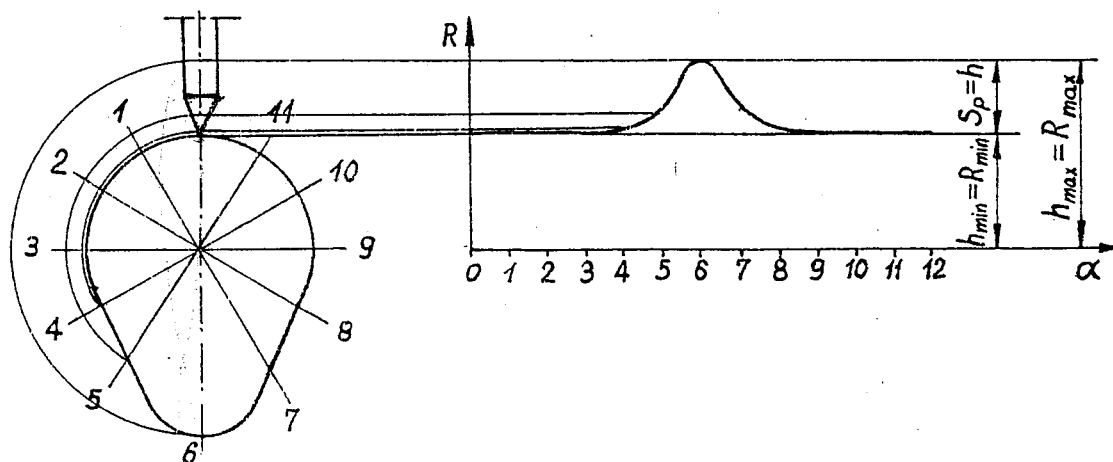
10.1.4. Pomiar rzeczywistego zarysu krzywki

Pomiaru dokonujemy ostrzową końcówką pomiarową, co umożliwia bezpośredni pomiar promienia krzywki. Przyrząd do pomiaru krzywek należy zamocować w takim położeniu na ławie, aby końcówka pomiarowa znajdowała się na przeciw mierzonej krzywki. Następnie należy ostrożnie doprowadzić do zetknięcia końcówki pomiarowej z powierzchnią krzywki. Uderzenie końcówką wymaga powtórzenia opisanych wcześniej czynności ustawczych.

Do pomiaru należy ustawić krzywkę w takim położeniu aby przyrząd wskazywał najmniejszą wartość jej promienia. Obracając krzywką o określony kąt dokonuje się odczytu zmian położenia końcówki pomiarowej. Wartość promienia jest algebraiczną sumą odczytu $O_{\alpha i}$ określonej wcześniej poprawki ΔR

$$R = O_{\alpha i} + \Delta R \quad (10.2)$$

Nanosząc w układzie współrzędnych $R-\alpha$ wyniki pomiarów wykonuje się wykres krzywki (rys.10.4).



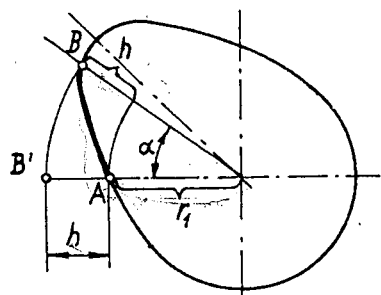
Rys.10.4. Wykres krzywki wykonany na podstawie pomiarów

Następnie wyznacza się maksymalny skok krzywki S_p

$$S_p = R_{\max} - R_{\min} \quad (10.3)$$

10.1.4. Wyznaczanie promienia krzywki

Dla określonego łuku krzywki można wyznaczyć jego promień w sposób pokazany na rys.10.5. Równanie definicyjne pomiaru pośredniego promienia R dla łuku \widehat{AB} ma postać



$$R_k = \frac{h}{1 - \cos \alpha} + r_1 \quad (10.4)$$

Rys.10.5. Wyznaczanie promienia krzywki

Dla wyznaczenia promienia łuku \widehat{AB} należy dokonać wyboru zawartych we wzorze wartości wybierając taki fragment powierzchni krzywki dla którego występuje stały przyrost wartości promienia krzywki. Niedokładność pomiaru wyznacza się jako różniczkę zupełną R_k

$$\Delta R_k = \frac{1}{1 - \cos \alpha} |\Delta h| + \frac{h \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha)^2} |\Delta \alpha| + \Delta r_1 \quad (10.5)$$

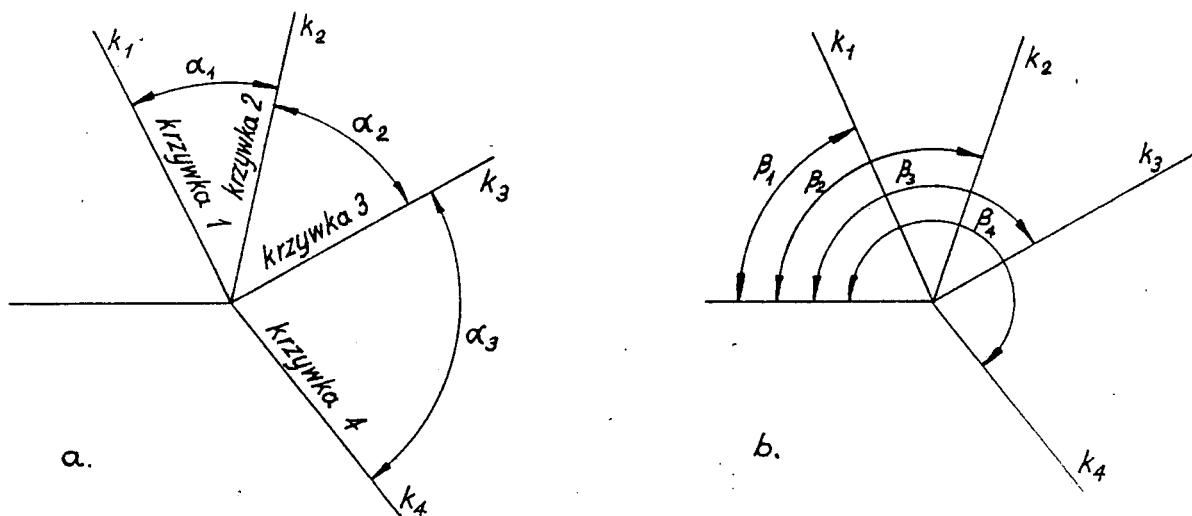
gdzie: $\Delta \alpha$ - błąd ustawienia kąta na podzielnicy optycznej (przyjmując $\Delta \alpha = \pm 3''$),

Δh - błąd przypadkowy odczytu na przyrządzie do pomiaru krzywek (przyjmując $\Delta h = \pm 0,001$ mm),

Δr_1 - błąd określenia promienia krzywki (przyrządu i mikrometru, przyjmując $\Delta r_1 = \pm 0,002$ mm).

10.1.5. Pomiar ustawienia wzajemnego kilku krzywek

Dla każdej krzywki określamy położenie katowe charakterystycznego fragmentu powierzchni, na przykład największego lub najmniejszego ich promienia, przy czym należy pamiętać o stałym kontakcie zabieraka podzielnicy z sercówką. Obracając pokrętkiem 6 spowodować obrót mierzonej krzywki obserwując jednocześnie zmiany wartości promienia dla ustalonej jego wartości, np. maksymalnej, dokonać odczytu kąta położenia krzywki. Te same czynności powtarza się kilkakrotnie na mierzonej krzywce. Następnie ustawia się przyrząd w płaszczyźnie obrotu następnej krzywki i powtarza czynności związane z poszukiwaniem charakterystycznego wskazania, a po jego znalezieniu odczytuje się kąt obrotu krzywki. Rozmieszczenie katowe krzywek wałka rozrzędu można przedstawić na jeden ze sposobów pokazanych na rys.10.6.

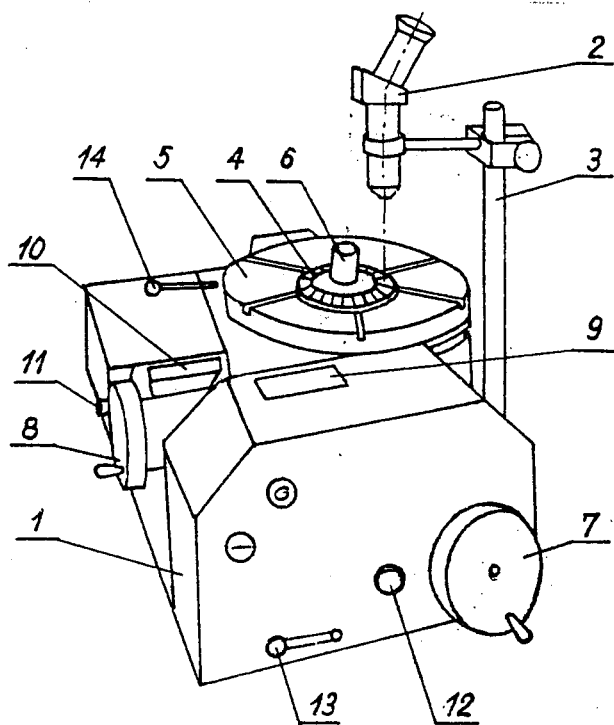


Rys.10.6. Kąty rozmieszczenia krzywek: α - kąty pomiędzy poszczególnymi krzywkami, β - suma kątów od położenia zerowego.

10.2. Pomiar kątów narzędzi na stole podziałowym

10.2.1. Opis stanowiska pomiarowego

Stanowisko (rys.10.7) do pomiaru kątów rozstawienia ostrzy, np. freza tarczowego, składa się ze stołu podziałowego 1 oraz mikroskopu obserwacyjnego 2 zamocowanego na statywie 3. Mierzony przedmiot 4 jest zamocowany na stole 5, na trzpieniu zaciskowym 6. Stół podziałowy posiada możliwość obrotu oraz pochylenia przy użyciu



pokrętek 7 i 8. Wartości tych przemieszczeń można określić z dokładnością 1", odczytując je na ekranach odczytowych 9 i 10. Dla odczytu wartości kątów należy wykorzystać noniusze spiralne 11 i 12, przy czym zasady odczytu są identyczne jak dla podzielnicy optycznej. Dźwignie 13 i 14 służą do blokady stołu w ustawionej pozycji. Znaki OI i K oznaczają odpowiednio blokadę zwolnioną i włączoną.

Rys.10.7. Stanowisko do pomiaru kątów narzędzi na stole podziałowym

Przycisk oznaczony $\textcircled{0}$ włącza oświetlenie ekranów odczytowych, a w położeniu oznaczonym $\textcircled{\emptyset}$ przełącza oświetlenie z jednego ekranu na drugi.

10.2.2 Wykonanie pomiaru

Pomiar kąтового rozstawienia krawędzi mierzonego narzędzia przeprowadza się następująco. Po zamocowaniu mierzonego przedmiotu na stole należy ustawić mikroskop obserwacyjny w taki sposób, aby widoczna była krawędź mierzonego przedmiotu. Linię krzyża okularu, lub głowicy goniometrycznej, należy ustawić równolegle do mierzonej krawędzi. Przez obrót przedmiotem należy doprowadzić do pokrycia się obrazu krawędzi przedmiotu z linią krzyża. W tym położeniu dokonać odczytu położenia kąowego stołu, a tym samym położenia kąowego przedmiotu. Następnie należy obrócić przedmiotem aż kolejna z krawędzi pokryje się z linią krzyża okularu. Dla każdego z tych położzeń dokonać odczytu położenia kąowego przedmiotu. Wyniki zamieścić w tabeli, opracowanie zaś wyników polega na wyznaczeniu średniej wartości podziałki kątovej

$$\bar{\alpha} = \frac{360^{\circ}}{n} \quad (10.6)$$

gdzie: n - liczba mierzonych krawędzi.

Ponadto wyznacza się różnicę przyrostów wartości kątów α_i pomiędzy kolejnymi krawędziami i wartości średniej $\bar{\alpha}$

$$\Delta\alpha = \alpha_i - \bar{\alpha} \quad (10.7)$$

10.3. Literatura

1. Praca zbiorowa: Mały poradnik mechanika. t.I, s.283-289, wyd.XV, WNT Warszawa 1984.
2. Miller S.: Teoria maszyn i mechanizmów - analiza układów mechanicznych. Skrypt Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1989.