

Olga IWASIŃSKA-KOWALSKA

POLITECHNIKA WARSZAWSKA ZAKŁAD METROLOGII I INŻYNIERII JAKOŚCI

Dokładność wyznaczenia promieni zaokrąglenia profilometrem stykowym

Dr inż. Olga IWASIŃSKA-KOWALSKA

Zajmuję się pomiarami geometrycznymi długości i mikrogeometrii powierzchni. W obszarze zainteresowań są interferencyjne techniki pomiaru długości i przemieszczenia, w szczególności do zastosowania w sprawdzaniu przyrządów i urządzeń pomiarowych. Ponadto zajmuję się pomiarami mikrogeometrii powierzchni i pomiarami wymiarów w zakresie od pojedynczych mikrometrów do 1 mm.



e-mail: o.iwasinskamchtr.pw.edu.pl

Streszczenie

Z wynikiem pomiaru chropowatości elementu o kołowym przekroju, za pomocą profilometru stykowego, wyznaczany jest opromienien dopasowanego okręgu. Zauważono, że wartości promieni wykazują błędy o charakterze systematycznym i losowym, których wielkości nie można uzasadnić niedokładnością urządzenia ani jakością obiektu mierzonego. Przyczyny błędów doszukiwano się w czterech czynnikach: rodzaju końcówki użytej do pomiaru, prędkości pomiaru, relacji wartości mierzonej wielkości średnicy i chropowatości, oraz w zakresie kąтового odwzorowania.

Słowa kluczowe: profilometr stykowy, promień zaokrąglenia, dopasowanie, wycinek okręgu, chropowatość.

Accuracy of the radius evaluation with contact profilometer

Abstract

The paper presents the measurement results of a radius of circularly-symmetric elements. The measurements were made using a contact profilometer. The radius is an additional parameter obtained during determining the roughness and is computed most often by the least squares method on a basis of the measurement points. In case of using the contact profilometer the radius is evaluated on the basis of a circle sector. The range and deviation of the standard radius measurement results taken by means of the used contact profilometer are given in the paper. Influence of measurement conditions was statistically examined. Influence of the tip kind on the measurement results was proved. It was most likely caused by vibrations. However, there was no significant influence of the tip length on the determined radius value. The measured sample size had statistically significant influence on the radius evaluation results as well. The Kruskal-Wallis test showed that influence of the measurement velocity on the radius measurement results was not essential. There was no statistically significant difference between the medians of the measurement results at the confidence level equal to 0.95.

Keywords: profilometer, radius fitting, circle sector.

1. Wstęp

Częstym zadaniem pomiarowym jest wyznaczenie promienia elementu o wymiarze promienia w zakresie od dziesiątek mikrometrów do pojedynczych milimetrów, na podstawie krótkiego wycinka. Narzędziem, które może być do takiego pomiaru zastosowane jest profilometr stykowy lub, działający na podobnej zasadzie, przyrząd do pomiaru konturu.

W wielu przypadkach dodatkowym utrudnieniem jest ograniczony dostęp do mierzonego fragmentu zarysu promienia wewnętrznego np. wyprowadzeń noży tnących do tworzywa, promieni zaokrąglenia krawędzi w otworach np. kryzy przepływomierzy. Cechy te powodują konieczność doboru odpowiednich warunków pomiaru: prędkości pomiaru, długości końcówki itp.

Badania wpływu tych parametrów przeprowadzono za pomocą profilometru stykowego Taylor Hobson z głowicą PGI 830 i zakresie pomiarowym 8 mm.

2. Wpływ warunków pomiaru na dokładność wyznaczenia promienia

Przeprowadzono badanie, w którym wyznaczono wartości średnicy trzech elementów o przekroju okrągłym. Pomiar przeprowadzono z trzema prędkościami pomiarowymi, przy użyciu czterech końcówek (tabela 1), z trzema powtórzeniami.

Tab. 1. Parametry i oznaczenia użytych końcówek
Tab. 1. Characteristic parameters of probes used

nr końcówki	1	2	3	4	jednostka
L =	60		120		mm
x =	5	13	13	25	mm
ϕ =	68	70	72	15	°
r_o =	1	2	2	20	μm

L - długość ramienia, x - długość trzpienia, ϕ - kąt (stożka), r_o promień ostrza

Mierzono dwa wałeczki pomiarowe do gwintów o nominalnych średnicach 5,05 i 0,725 mm i specjalnie przygotowaną próbkę drutu o średnicy 0,058 mm. Niepewność związana z przyjęciem wartości nominalnej wałeczków wzorcowych za rzeczywistą została oszacowana na $\pm 1 \mu\text{m}$ [1]. Pomiar porównawczy przeprowadzono, w celu sprawdzenia czy wzorce nie wykazują śladów zużycia. Wykonano go przyrządem do pomiaru konturu PCV Mahr, i uzyskano wartość średnią z trzech pomiarów wraz z rozstępem odpowiednio $D = 5,0512 \text{ mm}$, $R = 0,0006 \text{ mm}$ i $D = 0,7253 \text{ mm}$, $R = 0,0016 \text{ mm}$. Wartości nominalne i zmierzone są zgodne w granicach szacowanej niepewności wymiaru wzorca i zmienności wyniku pomiaru, zatem do analizy przyjęto za odniesienie wartości nominalne. Próbkę z drutu zmierzono przyrządem do pomiaru konturu Mahr i uzyskano średnią wartość $57,8 \mu\text{m}$ z niepewnością $3 \mu\text{m}$.

Końcówki pomiarowe różniły się długością ramienia 60 lub 120 mm, długością ostrza 5, 13, 25 mm, kształtem stożkowym [2] lub płaskim i promieniem zaokrąglenia ostrza 1, 2, 20 μm . Spodziewano się, że wpływ ich będzie związany przede wszystkim z przenoszeniem drgań – większym dla końcówek długich, oraz różnym stopniem mechanicznego filtrowania chropowatości w zależności od promienia zaokrąglenia.

Prędkość pomiarowa, została wzięta pod uwagę ze względu na możliwość powstawania drgań związanych z siłami tarcia lub odrywania się końcówki. Badania przeprowadzono przy prędkościach skrajnych dopuszczalnych przez program 0,1 i 2 mm/s oraz dla prędkości 0,5 mm/s, która wartością domyślną.

Przeprowadzono analizę statystyczną otrzymanych wyników pomiaru sprawdzając istotność wpływu czynników na wartość odchyłki mierzonej średnicy i rozstęp wyników. Zestawienie wyników nieparametrycznego testu Kruskala-Wallisa podano w tabeli 2. Test ten zastosowano ze względu na nie spełnienie wymagania o normalności rozkładu.

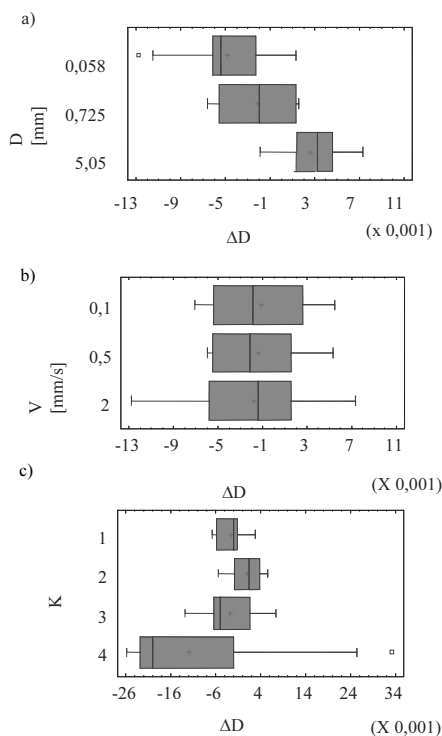
Na podstawie rezultatów testu stwierdzono, że na wynik pomiaru średnicy (odchyłkę od nominalu) ma wpływ wielkość wymiaru i rodzaj końcówki. Nie stwierdzono istotnego wpływu prędkości na wartość odchyłki.

Tab. 2. Wyniki testu Kruskala-Wallisa na wpływ warunków pomiaru na wyznaczenie średnicy i jej rozstęp

Tab. 2. Kurskal-Wilks test results of influence of the sample size, velocity and tip length on range and diameter determination

zmienna / czynnik	odchyłka średnicy / wyznaczenia	rozstęp wyników pomiaru / średnicy
wymiar próbki	istotny $P=0,002 < 0,05$	istotny $P=0,001 < 0,05$
prędkość	nieistotny $P=0,95 > 0,05$	nieistotny $P=0,56 > 0,05$
rodzaj końcówki	istotny $P=0,000007 < 0,05$	nieistotny $P=0,064 > 0,05$

W przypadku wpływu wielkości wymiaru na wartości odchyłki średnicy w teście wielokrotnych porównań stwierdzono, że istotna różnica dotyczyła tylko drutu o średnicy 0,058 mm i wałeczka 0,725 mm. Jednak dla średnicy najmniejszej 0,058 mm zauważono liczne punkty odstające. Wystąpiły one dla płaskiej końcówki nr. 4, o kącie rozwarcia 15°. Powtórna analiza przeprowadzona tylko dla końcówek stożkowych (rys. 1a) potwierdziła silny związek wielkości elementu i wyniku wyznaczenia odchyłki dla każdej pary średnic ($P = 5 \cdot 10^{-11}$).

Rys. 1. Ilustracja graficzna wyników wyznaczenia odchyłki promienia ΔD z jej zmiennością dla a) trzech średnic, b) trzech prędkości, c) czterech końcówek pomiarowych K profilometru Taylor HobsonFig. 1. Box and whisker plots of deviation of radius ΔD depending on a) dimension, b) velocity, c) tip type

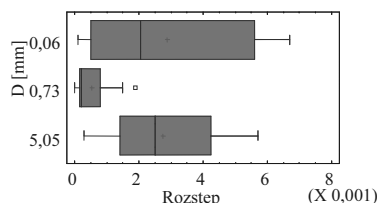
Prędkość nie ma wpływu na wartość odchyłki, co ootwierdziło się dla wszystkich końcówek, (na rys. 1b pokazano zmienności dla końcówek stożkowych).

Test statystyczny wykazał, że rodzaj użytej końcówki wpływa istotnie na wartość wyznaczonej odchyłki (rys. 1c), przy czym test wielokrotnych porównań sprecyzował, że różnica występuje dla par końcówek 1 i 4 oraz 2 i 4.

W związku z tym, że końcówka 4 jest płaska, analizę powtórzoną tylko dla stożkowych końcówek 1, 2 i 3. Test Kruskala-Wallisa również dał wynik potwierdzający istotność różnic wyniku pomiaru odchyłki średnicy dla trzech końcówek ($P=0,001$). Istotne różnice wystąpiły dla par 1 i 2 oraz 2 i 3. Taki wynik nie

wskazuje na występowanie związku długości końcówki L lub ostrza x na wynik odchyłki promienia.

Rozstęp wyników wzięto pod uwagę, kiedy odrzucona została hipoteza o równości wariancji podczas oceny wpływu prędkości i wielkości wartości wymiaru. Rozstęp wyznaczano z trzech wyników uzyskanych dla każdego elementu, tą samą końcówką przy tej samej prędkości. Wystąpiły dwa punkty odstające dla końcówki 4 i średnicy 58 μm : jeden dla prędkości 0,1 mm/s i drugi dla 2 mm/s. Nie zostały one uwzględnione w analizie. Test nie wykazał wpływu prędkości i końcówki na rozstęp, czyli nie było istotnych różnic średnich, ale była duża zmienność rozstępu w grupach. Przy małej liczności próby wnioskowanie może być nieoprawne. Wpływ wielkości średnicy na rozstęp (rys. 2) był istotny dla par z wałeczkiem o średnicy nominalnej 0,725 mm. Dla tego elementu rozstęp był najmniejszy (poniżej 2 μm).



Rys. 2. Rozstęp wyników pomiaru promienia i jego zmienność dla trzech średnic nominalnych

Fig. 2. Box and whisker plots of ΔD range depending on sample size

Dla pozostałych średnic rozstęp przyjmował wartość ok. 6 μm . W tym przypadku również mała liczba wyników pomiaru może tłumaczyć niejednoznaczny wynik testu. Rozstęp z 3 powtórzeń pomiaru promienia końcówką 2 z prędkością 0,1 mm/s dla nominalów 0,725 i 0,058 mm przyjął wartości odpowiednio 0,1 i 0,3 μm .

3. Wnioski

Niepewność wyznaczenia promienia profilometrem przy dowolnej końcówce, prędkości i wartości wielkości mierzonej może przyjmować wartość nawet 20 μm , jednak przy odpowiednich warunkach pomiaru zostaje zmniejszona nawet pięciokrotnie.

Na wyznaczenie promienia wpływa wymiar próbki i użyta końcówka, a dla małych promieni (rzędu dziesiątek mikrometrów) znaczenie ma też dobór przedziału analizy. Najmniejsze odchyłki od wartości wzorcowej uzyskano dla końcówki o długości ramienia $L=60$ mm i trzpienia $x=13$ mm (oznaczonej nr 2) i prędkości 0,1 mm/s. Dla takich warunków pomiaru rozstęp wyników zmniejsza się do 4 μm , przy czym ta największa wartość wystąpiła dla największej mierzonej średnicy nominalnej 5,05 mm. Dla tej najlepszej konfiguracji i dla nominalów 0,725 i 0,058 mm, rozstęp przyjął wartości, odpowiednio: 0,1 i 0,3 μm , a odchyłka równa była -4 μm .

Wnioskowanie na podstawie rozstępu jest utrudnione ze względu, na fakt, że jego zmienność na poziomach czynników (kończówka, prędkość i wartość nominalna) jest duża a mała liczba wyników może powodować błędy interpretacji.

4. Literatura

- [1] Wałeczki pomiarowe do gwintów. PN-M-53088:1979.
- [2] Struktura geometryczna powierzchni: metoda profilowa PN-ISO 3274:1997.
- [3] Instrukcja obsługi przyrządu i Taylor Hobson Talysurf PGI 830.
- [4] Dobosz M.: Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań, Wyd. Exit, Warszawa 2004.