

Właściwości metrologiczne sond stosowanych w obrabiarkach CNC

Metrological features of probes used in CNC machine tools

MICHAŁ JANKOWSKI
ADAM WOŹNIAK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.351

Sondy stykowe do obrabiarek CNC są powszechnie stosowane do ustawiania przedmiotu i do jego kontroli wymiarowej. W związku z tym ich dokładność bezpośrednio wpływa na dokładność produkowanych części. W artykule zaprezentowano właściwości metrologiczne wybranych sond ze szczególnym uwzględnieniem ich niestabilności promienia przełączania. **SŁOWA KLUCZOWE:** sondy dla obrabiarek CNC, pomiary na obrabiarkach, niestabilność promienia przełączania sond

Probes for CNC machine tools are widely used to setting up a workpiece and to measure its dimensions. That's why their accuracy directly influences quality of produced parts. In the paper, metrological features, especially triggering radius variation, of exemplary probes are presented.

KEYWORDS: probes for CNC machine tools, on-machine measurement, triggering radius variation

Przedmiotowe sondy stykowe, mocowane w miejsce narzędzia [1], umożliwiają przeprowadzanie na obrabiarkach CNC pomiarów współrzędnościowych. Głównymi zastosowaniami tych sond są ustawianie przedmiotu przed obróbką oraz jego kontrola wymiarowa [2, 3, 4]. Dodatkowo sondy mogą być używane do wyznaczenia błędów obrabiarek [5, 6]. Ze względu na te zastosowania, od dokładności pomiarów wykonywanych przy użyciu sond zależy dokładność wytwarzanych części [4] i jakość końcowych produktów. Z tego powodu badane są zarówno możliwości pomiarowe obrabiarek wyposażonych w sondy [2, 3, 4], jak i błędy samych sond, np. ich charakterystyki przestrzenne, przy czym te ostatnie mogą być badane zarówno metodami pośrednimi, poprzez pomiar wzorca materialnego na obrabiarence sterowanej numerycznie [7, 8, 9], jak i metodami bezpośrednimi, na dedykowanych do tego stanowiskach [10].

Błędy sond można podzielić na przypadkowe i systematyczne. Te pierwsze opisuje parametr nazywany powtarzalnością jednokierunkową UDR [4, 10], a te drugie – parametr nazywany niestabilnością promienia przełączania V_r [10], w przybliżeniu równy niestabilności drogi przełączania V_p i zdefiniowany następująco: niech kierunek działania sondy opisywany będzie przez parę kątów: kąta obrotu α leżącego w płaszczyźnie prostopadłej do osi sondy i kąta nachylenia β pomiędzy tą płaszczyzną a kierunkiem działania sondy. Punkt przełączania $T_{(\alpha,\beta)}$ to położenie końcówki pomiarowej sondy w momencie przełączenia sondy podczas jej działania w kierunku α , β , a promień przełączania $r_{(\alpha,\beta)}$ to odległość punktu przełączania $T_{(\alpha,\beta)}$ od środka elementu dopasowanego metodą najmniejszych sumy kwadratów do punktów przełączania we wszystkich

badanych kierunkach działania sondy. Wówczas niestabilność promienia przełączania V_r to różnica pomiędzy największym i najmniejszym promieniem przełączania.

Cel i metoda badań

Charakter i wartości błędów sondy zależą od szeregu czynników: typu zastosowanego w tej sondzie przetwornika, jej wymiarów, użytych materiałów itd. Na większość z tych czynników użytkownik nie ma wpływu. Ma jednak wpływ, przynajmniej w przypadku niektórych sond, na siłę przełączania, którą można – w określonym zakresie – dowolnie regulować. W artykule przedstawiono porównanie charakterystyk promienia przełączania wybranej sondy (Renishaw RMP60) dla trzech różnych wartości siły przełączania: minimalnej, maksymalnej oraz pośredniej – ustawionej mniej więcej w środku zakresu regulacji. Uzyskane wyniki mogą pomóc użytkownikom sond w wyborze optymalnych nastaw siły przełączania. Dodatkowo zaprezentowano porównanie charakterystyk dwóch sond tego samego typu (Renishaw OMP40-2), z których jedna była prawie nowa, a druga była intensywnie używana. Porównanie to pokazuje, jak mogą wzrosnąć błędy sondy w wyniku jej zużycia lub uszkodzenia.

Do wyznaczenia charakterystyk promienia przełączania badanych sond użyte zostało przenośne stanowisko realizujące metodę z ruchomym wzorcem, którego dokładny opis przedstawiono w [10]. Niepewność rozszerzona ($k = 2$) wyznaczenia niestabilności promienia przełączania przy pomocy tego stanowiska wynosi $0,62 \mu\text{m}$.

Wyniki i dyskusja

Podczas badań wpływu wartości siły przełączania na niestabilność promienia przełączania sondy RMP60 wyznaczone zostały po dwie wartości parametru V_r dla każdej z ustawionych wartości siły przełączania: wartość w 2D, biorąca pod uwagę jedynie promienie przełączania dla $\beta = 0$ (czyli niestabilność promienia przełączania w płaszczyźnie prostopadłej do osi sondy), oraz wartość w 3D, biorąca pod uwagę wszystkie wyznaczone promienie przełączania (czyli niestabilność promienia przełączania w przestrzeni). Uzyskane wartości zebrane zostały w tablicy, a na rys. 1 i 2 pokazano wyznaczone charakterystyki promienia przełączania dla $\beta = 0$ i $\beta = 40^\circ$.

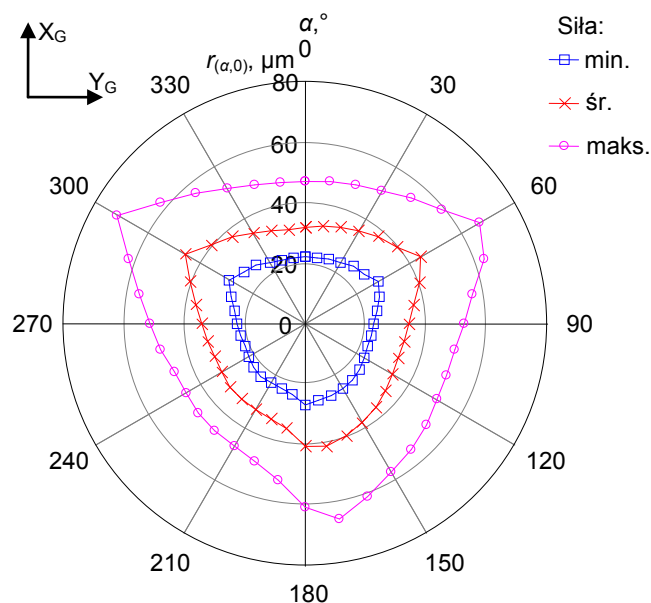
TABLICA. Wpływ siły przełączania na wartość V_r

Ustawiona siła	V_r w 3D, μm	V_r w 2D, μm
minimalna	9,76	7,90
pośrednia	16,44	14,03
maksymalna	28,35	26,23

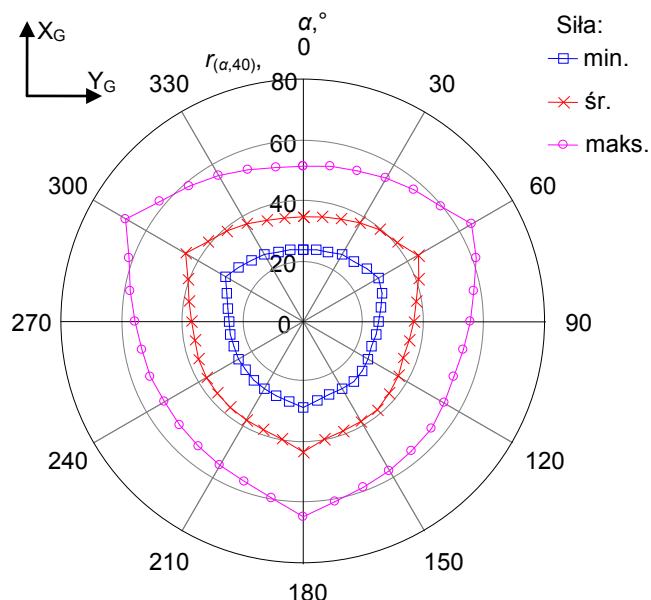
* Dr inż. Michał Jankowski (m.jankowski@mchtr.pw.edu.pl), prof. nzw. dr hab. inż. Adam Woźniak (wozniaka@mchtr.pw.edu.pl) – Instytut Metrologii i Inżynierii Biomedycznej Wydziału Mechatroniki Politechniki Warszawskiej

Jak widać na wykresach 1÷3, wraz ze wzrostem ustalonej siły przełączania rosną zarówno średnia wartość promienia przełączania, jak i jego niestabilność. Ta ostatnia dla maksymalnej możliwej do ustawienia siły przełączania jest około trzy razy większa niż dla siły minimalnej.

Zaobserwowany trójgraniasty kształt charakterystyk promienia przełączania zgodny jest z powszechną wiedzą o właściwościach sond trójstykowych [11, 12].



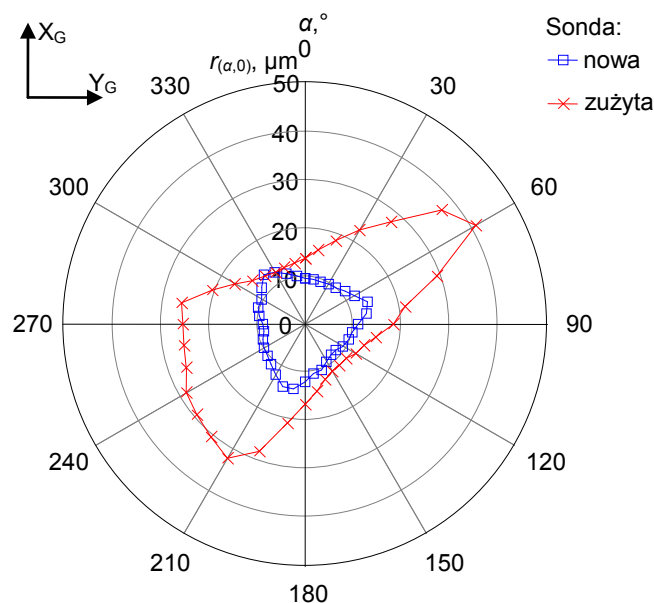
Rys. 1. Porównanie charakterystyk promienia przełączania sondy RMP60 w zależności od ustalonej siły przełączania, $\beta = 0^\circ$



Rys. 2. Porównanie charakterystyk promienia przełączania sondy RMP60 w zależności od ustalonej siły przełączania, $\beta = 40^\circ$

Charakterystyki promienia przełączania sond OMP40-2 nowej i zużytej badane były jedynie w płaszczyźnie prostopadłej do osi sondy. Uzyskane charakterystyki pokazano na (rys. 3), a otrzymane wartości niestabilności promienia przełączania V_r wynoszą – odpowiednio dla sondy nowej i intensywnie używanej – $5,44 \mu\text{m}$ i $29,69 \mu\text{m}$. Na wykresie widoczna jest wyraźna deformacja charakterystyki sondy zużytej. Jest to o tyle ważne, że sonda ta nie nosi żadnych widocznych śladów kolizji ani innego uderzenia. Oznacza

to, że nawet wyglądająca na w pełni sprawną sonda może mieć pogorszoną w wyniku zużycia lub uszkodzeń charakterystykę promienia przełączania, a jej błędy mogą być nawet kilkakrotnie większe niż sondy nowej.



Rys. 3. Porównanie charakterystyk promienia przełączania sond OMP40-2: nowej i zużytej, $\beta = 0^\circ$

Praca częściowo finansowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

LITERATURA

- Honzczarenko J. „Obrabiarki sterowane numerycznie”. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa 2008.
- Kamieńska-Krzowska B., Semotiuk L., Czerw M. „Analiza możliwości zastosowania sondy przedmiotowej do kontroli czynnej na pionowym centrum obróbkowym FV580A”. *Acta Mechanica et Automatica*. T. 1, nr 2 (2007): s. 19÷24.
- Jacniacka E., Semotiuk L., Babkiewicz M. „Wyznaczenie dwuwymiarowej niedokładności pomiaru wewnątrzobrabiarkowego system pomiarowego z zastosowaniem sondy OMP60”. *Pomiary – Automatyka – Robotyka*. R. 2012, nr 10 (2012): s. 68÷73.
- Semotiuk L., Józwick J., Kuric I. „Measurement uncertainty analysis of different cnc machine tools measurement systems”. *Advances in Science and Technology Research Journal*. Vol. 7, No. 19 (2013): pp. 41÷47.
- Mayer J.R.R. „Five-axis machine tool calibration by probing a scale enriched reconfigurable uncalibrated master balls artifact”. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 61 (2012): pp. 515÷518.
- Rahman M.M., Mayer R. „Calibration performance investigation of an uncalibrated indigenous artefact probing for five-axis machine tool”. *Journal of Machine Engineering*. Vol. 16, No. 1 (2016): pp. 33÷42.
- Cho M.W., Seo T.I., Kwon H.D. „Integrated error compensation method using OMM system for profile milling operation”. *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 136, No. 1–3 (2003): pp. 88÷99.
- Choi J.P., Min B.K., Lee S.J. „Reduction of machining errors of a three-axis machine tool by on-machine measurement and error compensation system”. *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 155–156 (2004): pp. 2056÷2064.
- Zeleny J., Janda M. „Automatic on-machine measurement of complex parts”. *Modern Machinery Science Journal*. No. 1 (2009): pp. 92÷95.
- Jankowski M., Woźniak A., Byszewski M. „Machine tool probes testing using a moving inner hemispherical master artifact”. *Precision Engineering*. Vol. 38, No. 2 (2014): pp. 421÷427.
- Estler W.T., Phillips S.D., Borchart B., Hopp T., Witzgall C., Levenson M., Eberhardt K., McClain M., Shen Y., Zhang X. „Error compensation for CMM touch trigger probes”. *Precision Engineering*. Vol. 19, No. 2–3 (1996): pp. 84÷96.
- Jankowski M., Woźniak A. „Mechanical model of errors of probes for numerical controlled machine tools”. *Measurement*. Vol. 77 (2016): pp. 317÷326.