

Wpływ prędkości obrotowej stolika pomiarowego na dokładność pomiaru odchyłki okrągłości za pomocą pneumatycznego przetwornika długości

The influence of the rotational speed of the measuring table on the accuracy of roundness deviations to that obtained using air gauge

MICHAŁ JAKUBOWICZ *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.475

Przedstawione w artykule badania eksperymentalne mają na celu ustalenie, jaki wpływ na wynik pomiaru odchyłki okrągłości uzyskanych pneumatyczną metodą pomiarową ma zmiana prędkości obrotowej stolika pomiarowego. W pomiarach wykorzystano przetworniki wyposażone w klasyczne dysze pomiarowe o przekroju kołowym; pomiary wykonano za pomocą przetwornika wyposażonego w dyszę szczelinową.

SŁOWA KLUCZOWE: pneumatyczny przetwornik długości, pomiary bezstykowe, odchyłka okrągłości

The article presents in experimental studies is to determine the impact on the result obtained roundness deviation pneumatic measuring method is to change the speed of the measuring table. In the measurements used gauge with classical measuring nozzles of circular hole and measurements were used by the air gauge with a slotted nozzle.

KEYWORDS: air gauge, non-contact measurement, roundness

Odchyłki kształtu i położenia należą do podstawowych parametrów wymiarowej zamienności części w budowie maszyn [1]. Istotnym zagadnieniem oceny stanu struktury jest pomiar odchyłki okrągłości. Jest to zagadnienie o dużym znaczeniu praktycznym, zwłaszcza w dokładnych pomiarach realizowanych w przemyśle łożyskowym, precyzyjnym i silnikowym.

Współczesny przemysł wymaga od producentów sprzętu pomiarowego, aby poza wzrostem dokładności [6, 8] skrócił się czas pomiaru, co w bezpośredni sposób przekłada się na zwiększenie wydajności produkowanych części maszyn i urządzeń.

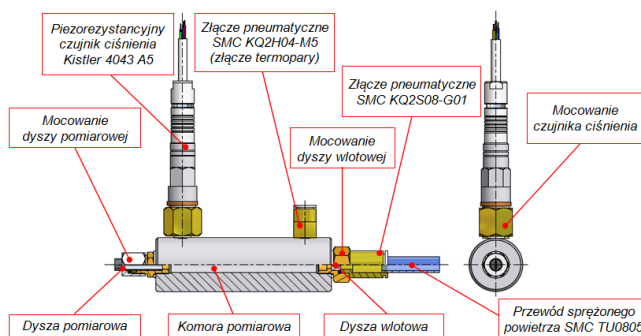
Budowa i zasada działania pneumatycznego przetwornika długości (PPD)

Pneumatyczny przetwornik długości to narzędzie pomiarowe składające się z dyszy wlotowej połączonej komorą pomiarową z dyszą pomiarową [3, 4, 9]. Zmiana odległości pomiędzy powierzchnią mierzoną a powierzchnią czoła dyszy pomiarowej, powoduje zmianę parametrów termodynamicznych powietrza przepływającego przez ten przetwornik.

W zależności od tego, który z parametrów zostanie wykorzystany w pomiarach wielkości geometrycznych, rozróżnia się czujniki ciśnieniowe, natężeniowe i przepływowe [3, 4]. Największe zastosowanie w przemysłowych układach pomiarowych znalazły przetworniki ciśnieniowe, w których do pomiarów długości wykorzystywana jest zależność zmiany ciśnienia pomiarowego p_k od szerokości szczeliny pomiarowej s [4, 9].

* Mgr inż. Michał Jakubowicz (michal.jakubowicz@put.poznan.pl) – Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych, Instytut Technologii Mechanicznej, Politechnika Poznańska

Na rys. 1 przedstawiono model jednokaskadowego pneumatycznego przetwornika przeznaczanego do pomiaru długości, zastosowanego w przedstawionych badaniach.



Rys. 1. Model pneumatycznego przetwornika długości [6]

Charakterystyka statyczna i dynamiczna PPD

Charakterystyka statyczna PPD. Podstawową charakterystyką metrologiczną pneumatycznego przetwornika długości jest charakterystyka statyczna $p_k = f(s)$ opisująca zmianę ciśnienia pomiarowego (kaskadowego) w komorze pomiarowej w funkcji zmiany odległości czoła dyszy pomiarowej od powierzchni mierzonego elementu.

W celu wyznaczenia charakterystyk statycznych przetwornika pneumatycznego zastosowano specjalne stanowisko badawcze [2].

Do analizy niepewności pomiaru zastosowano metodę typu A (metodę statystyczną) [10]. Przyjęta metoda szacowania niepewności pomiaru realizowana jest przez n -krotny pomiar tego samego elementu, w tym samym położeniu, tym samym urządzeniem oraz w tych samych warunkach powtarzalności.

Charakterystyka dynamiczna PPD. W celu minimalizacji błędów dynamicznych wyznaczono charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe (a-cz) opisujące w funkcji częstotliwości f_i zmianę ciśnienia pomiarowego p_k wywołaną cykliczną zmianą szerokości szczeliny. Charakterystyki a-cz zostały wyznaczone dla przetworników pneumatycznych wybranych na podstawie wcześniejszych pomiarów statycznych. Dysponując zbiorem uzyskanych z pomiarów wartości ciśnień p_k i częstotliwości f_i , zostały obliczone stałe czasowe T przetwornika, a następnie, przyjmując dopuszczalny spadek amplitudy $\Delta = 5\%$, górne częstotliwości graniczne f_g [7].

Podobnie jak w przypadku pomiarów parametrów statycznych, przeprowadzono analizę niepewności pomiaru metodą statystyczną typu A [10].

Uzyskane wartości parametrów statycznych oraz parametrów dynamicznych przedstawiono w tablicy (gdzie: p_p

– zakres pomiarowy, s_p – początek zakresu pomiarowego, T – stała czasowa, f_g – częstotliwość graniczna).

W badaniach zostały zastosowane dwa przetworniki pneumatyczne, które były równoważne pod względem wartości czułości $|K| = 0,6 \text{ kPa}/\mu\text{m}$.

TABLICA I. Parametry metrologiczne badanych przetworników

Przetwornik z dyszą kołową $d_k = 1,00 \text{ mm}$; $d_w = 0,60 \text{ mm}$	
$z_p = 94,8 \pm 2,6 \mu\text{m}$; $s_p = 21,1 \pm 3,1 \mu\text{m}$	$T = 157,5 \pm 1,1 \text{ ms}$; $f_g = 2,09 \pm 0,02 \text{ Hz}$
Przetwornik z dyszą szczelinową $d_{sz}(0,39 \times 2,69) \text{ mm}$; $d_w = 1,00 \text{ mm}$	
$z_p = 105,0 \pm 2,4 \mu\text{m}$; $s_p = 39,4 \pm 1,9 \mu\text{m}$	$T = 78,2 \pm 0,5 \text{ ms}$; $f_g = 4,20 \pm 0,03 \text{ Hz}$

Pomiar odchyłki okrągłości

Pomiar odchyłki okrągłości za pomocą pneumatycznych przetworników długości realizowany był metodą bezodniesieniową. Dla zachowania porównywalnych warunków pomiaru badaną tuleję posadowiono na stoliku obrotowym urządzenia Hommel-Etamic Roundscan 535, a następnie wycentrowano i wypionowano. Pomiary tulei zostały wykonane w tych samych przekrojach oraz w tych samych warunkach otoczenia [5]. W badaniu wykorzystano tuleję o średnicy 70 mm i chropowatości $Ra = 1,25 \mu\text{m}$. Prędkość obrotową stolika pomiarowego zmieniano od 6 do 12 obr/min. Wartość odchyłki okrągłości uzyskana metodą stykową wynosi $RONt = 67,66 \pm 0,04 \mu\text{m}$. Zarys badanej tulei przedstawiono na rys. 2.

Pomiar odchyłki okrągłości metodą pneumatyczną polegał na rejestrowaniu ciśnienia p_k , które zmieniało się wraz ze zmianą odległości czoła dyszy pomiarowej od powierzchni tulei. Otrzymane wartości ciśnienia przeliczono – po uwzględnieniu czułości – na wartości w mikrometrach. Następnie, korzystając z programu SigmaRound firmy Digital Metrology Solutions, obliczono odchyłkę okrągłości $RONt$.

W celu dokonania ilościowej oceny wartości odchyłki okrągłości otrzymanych z analizowanych metod obliczono błąd względny $\delta RONt$ (rys. 3).

$$\delta RONt = \frac{\overline{RONt}_{(PNEU)} - \overline{RONt}_{(Hommel)}}{\overline{RONt}_{(Hommel)}}$$

gdzie: $\overline{RONt}_{(PNEU)}$ – wartość średnia odchyłki okrągłości uzyskanej metodą bezstykową, pneumatyczną dla 50 powtórzeń; $\overline{RONt}_{(Hommel)}$ – wartość odchyłki okrągłości uzyskanej metodą stykową za pomocą urządzenia Hommel-Etamic Roundscan 535 dla 50 powtórzeń.

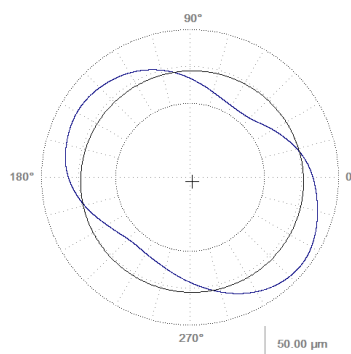
Analizując wartości błędów względnych przedstawionych na rys. 3, wyraźnie można zauważyć, że pneumatyczne przetworniki długości wyposażone w szczelinową dyszę pomiarową wykazują dokładniejsze odwzorowanie zarysu okrągłości niż przetworniki z powszechnie stosowanymi dyszami pomiarowymi o przekroju kołowym.

Dla wartości prędkości obrotowej $n = 10$ i 12 obr/min zauważono zmniejszenie błędu względnego odchyłki okrągłości w przypadku przetwornika z dyszą kołową.

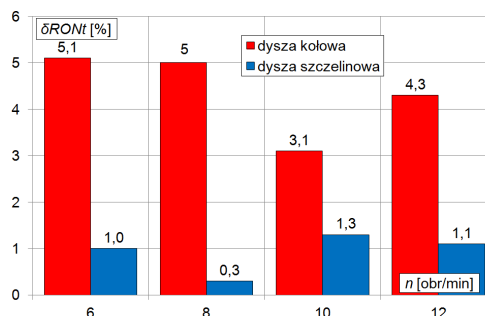
Co należy podkreślić, zmiana prędkości obrotowej stolika pomiarowego wpłynęła w mniejszym stopniu na wynik pomiaru odchyłki okrągłości w przypadku przetwornika wyposażonego w szczelinową dyszę pomiarową.

Podsumowanie

Przeprowadzone pomiary odchyłki okrągłości pozwoliły na określenie użytecznych właściwości badanych przetworników. Dla pneumatycznych przetworników długości wyposażonych w pomiarową dyszę szczelinową uzyskano wartości odchyłki okrągłości bliskie wartości odniesie-



Rys. 2. Zarys badanej tulei uzyskany za pomocą pneumatycznego przetwornika długości



Rys. 3. Zestawienie porównawcze błędów względnych uzyskanych wartości odchyłki okrągłości

nia. Wartości błędów względnych dla badanych tulei we wszystkich rozpatrywanych przypadkach były mniejsze niż uzyskane za pomocą przetworników wyposażonych w pomiarowe dysze o przekroju kołowym.

Zwiększenie prędkości obrotowej stolika pomiarowego spowodowało zmniejszenie wartości błędu względnego dla przetwornika z dyszą kołową, natomiast w przypadku przetwornika z dyszą szczelinową nie wpłynęło na wartość odchyłki.

Prezentowane wyniki badań, zrealizowanych w ramach zadania badawczego nr 02/22/DSMK/1330, zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

LITERATURA

- Adamczak S. „Pomiary geometryczne powierzchni zarysy kształtu, falistości i chropowatości”. Warszawa, WNNT, 2008.
- Dereżyński J., Jakubowicz M. „Badania parametrów metrologicznych czujników pneumatycznych”. *Mechanik*. R. 89, nr 3 (2016): s. 196–199.
- Farago F.T., Curtis M.A. „Handbook of Dimensional Measurement”. New York, Industrial Press Inc, 2004.
- Jakubiec W., Malinowski J. „Metrologia wielkości geometrycznych” (wydanie czwarte zmienione). Warszawa, WNNT, 2004.
- Jakubowicz M., Śmierchalski D. „Ocena możliwości zastosowania pneumatycznych przetworników długości z dyszami szczelinowymi w bezstykowych pomiarach okrągłości”. *Mechanik*. R. 87, nr 8–9 (2014): s. 122–129/595.
- Jermak Cz.J., Jakubowicz M., Dereżyński J., Rucki M. “Air gauge characteristics linearity improvement”. *Journal of Control Science and Engineering*. Hindawi Publishing Corporation. Vol. 2016, Article ID 8701238, 7 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/8701238>.
- Jermak Cz.J., Majchrowski R. „Opracowanie procedury wyznaczenia charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej pneumatycznych przetworników długości”. *Archiwum Technologii Maszyn i Automatyki*. T. 31, nr 4 (2011): s. 79–85.
- Mathia T.G., Pawlus P., Wieczorowski M. “Recent trends in surface metrology”, *Wear*. Vol. 271, No. 3–4 (2011): pp. 494–508.
- Zelczak A. „Pneumatyczne pomiary długości”. Warszawa, WKŁ, 2002.
- Zięba A. „Analiza danych pomiarowych w naukach ścisłych i technice”. Warszawa, Wyd. PWN., 2014.