

# Ocena dokładności wymiarowo-kształtowej otworów wierconych wiertłami składanymi

## Evaluation of dimensional and geometrical accuracy holes drilled by indexable insert drills

ŁUKASZ NOWAKOWSKI  
EDWARD MIKO  
MICHAŁ SKRZYNIARZ \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.317

W artykule opisano ocenę dokładności wymiarowo-kształtowej otworów wierconych wiertłami składanymi z zastosowaniem różnych sposobów doprowadzenia cieczy chłodząco-smarującej.

**SŁOWA KLUCZOWE:** frezarka, wiercenie, chłodziwo, dokładność wymiarowo-kształtowa

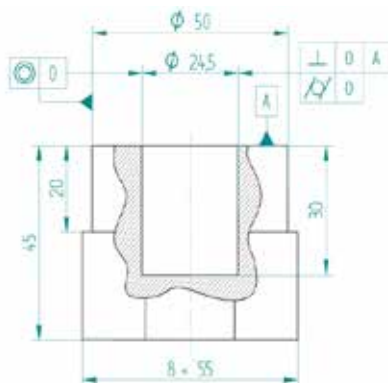
*The article describes evaluation of accuracy dimensionally shaped holes drilled by indexable insert drill using different modes of administration of cutting fluid.*

**KEYWORDS:** milling machine, drilling, cutting fluid, dimensional and geometrical accuracy

Zastosowanie wiertel składanych zapewnia największą wydajność i jest wskazane przy wierceniu otworów o średnich i dużych średnicach. Producenci wiertel podają, że średnice otworów wykonywane tego typu wiertłami mieszczą się w klasie dokładności wykonania IT 12-13. Wiercenie otworów wiertłami składanymi nie wymaga zabiegu nawiercania. Istotnym czynnikiem podczas wiercenia jest sposób podawania chłodziwa, które ma wpływ na odprowadzanie wiórów, chłodzenie i smarowanie. Celem przedstawionej pracy badawczej było wyznaczenie dokładności wymiarowo-kształtowej otworów wierconych wiertłami składanymi z zastosowaniem różnych sposobów doprowadzenia cieczy chłodząco-smarującej

### Metodyka badań

Badania polegały na wykonaniu trzech przedmiotów próbnych ze stali C45 zgodnie z rys. 1. Obróbka przeprowadzona została na pionowym centrum obróbkowym Hermle B 300.



Rys. 1. Rysunek wykonawczy przedmiotu z odchyłkami

\* Dr inż. Łukasz Nowakowski, (lukasn@tu.kielce.pl), dr hab. inż. Edward Miko, prof. PŚk (emiko@tu.kielce.pl), mgr inż. Michał Skrzyniarz (skrzyniarzmichal@gmail.com) – Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

Operacje planowania powierzchni czołowej oraz zgrubnej obróbki czopa okrągłego z nadładkiem obróbkowym 0,2 mm wykonano głowicą walcowo-czołową R220.96-0050-08-5A wyposażoną w płytki XNEX080608R-M08 F40M firmy SECO. Obróbka wykończeniowa powierzchni czopa okrągłego o średnicy  $\varnothing 50$  została wykonana frezem trzpieniowym firmy  $\varnothing 16$  mm z drobnoziarnistego węgliku.

Otwory zostały wywiercone wiertłem składanym 880-D2450L25-03 firmy Sandvik Coromant. Wiertło posiadało dwie różne płytki skrawające po stronie zewnętrznej 880-0503W08H-P-LM4024, a po stronie wewnętrznej 880-050305H-C-LM1044. W trakcie prób skrawania zastosowano trzy różne metody doprowadzenia cieczy chłodząco-smarującej: 1 – chłodzenie przez wrzeciono z ciśnieniem 4 MPa, 2 – chłodzenie zalewowe doprowadzone 8 dyszami rozmieszczonymi po dwóch stronach wrzeciona obrabiarki, 3 – bez cieczy chłodząco-smarującej (na sucho). Widok badanego przedmiotu oraz narzędzi wraz z parametrami obróbki przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Widok badanego przedmiotu oraz narzędzi wraz z parametrami obróbki

Pomiar dokładności wymiarowo-kształtowej obrabianego przedmiotu przeprowadzono na współrzędnościowej maszynie pomiarowej Prismo Navigator firmy ZEISS (MPE<sub>E</sub> = 0,9 + L/350  $\mu$ m).

Wykonano pomiary średnic i odchyłek walcowości otworów wierconych oraz wyznaczono odchyłki prostokątności osi otworów wierconych do powierzchni czołowej oraz odchyłki współosiowości otworów wierconych względem czopa okrągłego  $\varnothing 50$  [1, 4].

Pomiary przeprowadzono z zastosowaniem następujących strategii pomiarowych [2, 3, 7]:

- pomiarów zarysów okrągłości (5 zarysów okrągłości na wysokości 18 mm składających się z 1000 punktów każdy),
- skaningu powierzchni czołowej (okrąg o średnicy 37 mm składających się z 1000 punktów).

Pomiary zostały przeprowadzono w oparciu o bazę technologiczną, która była wykorzystywana podczas obróbki.

Tablica I przedstawia wyniki pomiarów średnic otworów wierconych i wyliczone wartości ich odchyłek w odniesieniu do rzeczywistej średnicy wiertła. Z przeprowadzonych

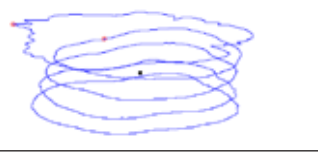
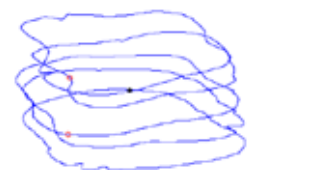
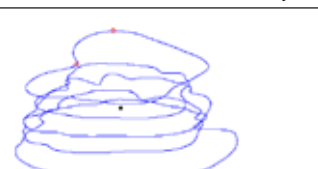
badania wynika, że sposób podawania cieczy chłodząco-smarującej lub jego brak wpływa na dokładność wymiarową otworów wierconych wiertłami składanymi. Dla operacji wiercenia z chłodzeniem wewnętrznym z ciśnieniem 4 MPa wyznaczona odchyłka średnicy wierconego otworu była najmniejsza i wyniosła 0,069 mm, dla chłodzenia zalewowego otwór został rozbity o 0,076 mm, natomiast największą odchyłkę zmierzono dla wiercenia na sucho. Różnica między średnicą wiertła a średnicą wywierconego otworu wyniosła 0,089 mm. Z uzyskanych wyników można stwierdzić, że uzyskane otwory mieszczą się w klasie dokładności wykonania IT 10÷11, a więc o klasę niżej niż deklaruje producent.

**TABLICA I. Wyniki pomiaru średnic**

	Średnica wiertła	Średnica zmierzona	Odchyłka średnicy
Przedmiot 1	24,524 mm	24,593 mm	0,069 mm
Przedmiot 2		24,6 mm	0,076 mm
Przedmiot 3		24,613 mm	0,089 mm

Wyniki pomiarów dokładności kształtowej wierconych otworów zostały przedstawione w tabeli II. Analizując uzyskane wyniki stwierdzono, że zastosowanie chłodzenia wewnętrznego pozwoliło na uzyskanie otworu, który charakteryzował się najmniejszymi błędami wymiarowo-kształtowymi. Jedynym odstępstwem jest odchyłka walcowości, która wyniosła 0,0209 mm i była większa od pozostałych o 1 i 2,5  $\mu\text{m}$ . Analizując zarys walcowości dla próbki 1 przedstawiony w tabeli II, zaobserwowano, że istotnym czynnikiem wpływającym na wartość odchyłka walcowości jest zastosowanie wysokociśnieniowego chłodzenia [5, 6], które z połączeniu z brakiem prowadzenia wiertła (kął wierzchołkowy wiertła  $\alpha \approx 180^\circ$ ) przekłada się na obniżenie stabilności (zwiększenie drgań) podczas zagłębiania się wiertła w materiał obrabiany. W przypadku pozostałych wierceń nie zaobserwowano takiego zjawiska.

**TABLICA II. Wyniki pomiarów odchyłek**

Przedmiot 1: wiercenie z chłodzeniem przez wrzeciono z ciśnieniem 4 MPa		Walcowość czopa 0,0334 mm Walcowość otworu 0,0209 mm Współosiowość 0,0154 mm Prostopadłość 0,006 mm
Przedmiot 2: wiercenie z chłodzeniem zewnętrznym		Walcowość czopa 0,0317 mm Walcowość otworu 0,0184 mm Współosiowość 0,0363 mm Prostopadłość 0,0122 mm
Przedmiot 3: wiercenie bez cieczy chłodząco-smarującej (na sucho)		Walcowość czopa 0,0272 mm Walcowość otworu 0,0199 mm Współosiowość 0,0255 mm Prostopadłość 0,0069 mm

Najmniejszą odchyłkę walcowości zmierzono dla otworu wywierconego z chłodzeniem zewnętrznym jej wartość wyniosła 0,0184 mm, o 1,5  $\mu\text{m}$  mniejszą od otworu wierconego bez chłodzenia.

Analizując odchyłki współosiowości otworu wierconego względem frezowanego czopa okrągłego i prostopadłości otworu względem frezowanej powierzchni czołowej stwierdzono, że najmniejsze ich wartości wyznaczono dla procesu wiercenia z chłodzeniem wewnętrznym. Najgorzej w tym zestawieniu wypadł otwór wiercony z chłodzeniem zewnętrznym, którego odchyłka współosiowości była większa o 0,0209 mm w porównaniu z zastosowaniem chłodzenia wewnętrznego i o 0,0108 mm bez stosowania chłodziwa. Najmniejszą odchyłkę prostopadłości o wartości 6  $\mu\text{m}$  uzyskano dla otworu wierconego z chłodzeniem zewnętrznym, w przypadku braku chłodzenia odchyłka prostopadłości wyniosła 6,9  $\mu\text{m}$ . Największą odchyłkę prostopadłości 0,0122 mm zmierzono dla otworu wykonanego w operacji wiercenia z zastosowaniem chłodzenia zewnętrznego. Przyczyną niższej dokładności wykonania (odchyłka współosiowości i prostopadłości wg rys. 1.) otworu z chłodzeniem zewnętrznym, może być problem z odprowadzeniem wiórów. Sposób i kierunek doprowadzenia chłodziwa zewnętrznego dodatkowo przeciwdziałał odprowadzeniu wióra przez rowki wiórowe wiertła.

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania pozwoliły na ocenę wpływu rodzaju doprowadzenia cieczy chłodząco-smarującej na odchyłki walcowości i dokładność wymiarową otworów wierconych wiertłami składanymi.

Z przeprowadzonych badań wynika, że:

1. Sposób podawania cieczy chłodząco-smarującej lub jego brak wpływa na dokładność wymiarową otworów wierconych wiertłami składanymi.
2. Uzyskane średnice otworów są o klasę dokładniejszą niż deklaruje producent ponieważ mieszczą się w klasie dokładności wykonania IT 10÷11.
3. Zastosowanie chłodzenia wewnętrznego pozwoliło na uzyskanie otworu, który charakteryzował się najmniejszymi błędami wymiarowo-kształtowymi.
4. Sposób i kierunek doprowadzenia chłodziwa zewnętrznego dodatkowo przeciwdziałał odprowadzeniu wióra przez rowki wiórowe wiertła.
5. Stosowanie wysokociśnieniowego chłodzenia może zwiększać drgania podczas procesu zagłębiania się wiertła składanego w materiał obrabiany, jednak potwierdzenie tej tezy wymaga przeprowadzania dodatkowych badań.

## LITERATURA

1. Gapiński B., Wieczorowski M. "Measurement of Diameter and Roundness on Incomplete Outline of Element with Three-Lobbing Deviation", 24th DAAAM International Symposium On Intelligent Manufacturing And Automation, 2013. Book Series: *Procedia Engineering*. T. 69 (2014): s. 247÷254.
2. Janusiewicz A., Adamczak S., Makiela W., Stępień K. „Determining the theoretical method error during an on-machine roundness measurement”. *Measurement*. T. 44 (2011): s. 1761÷1767.
3. Makiela W., Świdorski J. „Precyzja stykowych pomiarów struktury geometrycznej powierzchni w warunkach powtarzalności”. *Mechanik*. T. 86, z. 7 (2013): s. 530÷534.
4. Muralikrishnan B., Venkatachalam S., Raja J., Malburg M. „Note on the three-point method for roundness measurement”. *Precision Engineering*. T. 29 (2005): s. 257÷260.
5. Miko E., Nowakowski Ł. „Vibrations in the Machining System of the Vertical Machining Center”. XIIIth *International scientific and engineering conference hermetic sealing, vibration reliability and ecological safety of pump and compressor machinery-HERVICON-2011*. T. 39 (2012): s. 405÷413.
6. Nowakowski Ł., Miko E. „Analiza czynników wpływających na strukturę geometryczną powierzchni poddanych obróbce skrawaniem”. *Mechanik*. T. 88, z. 8÷9 (2015): s. 11÷18.
7. Witzke F. W. „In situ out-of-roundness measurement”. *Proceeding of the Institution of Mechanical Engineering*. T. 182 (3) (1968): s. 430÷437. ■