

# Badania wstępne procesu szlifowania czopu wału na frezarce czteroosiowej

## Preliminary tests of the shaft journal grinding process on a four-axis milling machine

ŁUKASZ NOWAKOWSKI  
EDWARD MIKO  
MICHAŁ SKRZYNIARZ\*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.8-9.121>

W artykule przedstawiono wyniki badań wstępnych procesu szlifowania czopu wału na czteroosiowej frezarce AVIA VMC800. Te badania są wprowadzeniem do opracowania procesu szlifowania czołowego czopów wałów korbowych silników okrętowych. Przeprowadzono pomiary wybranych błędów kształtu szlifowanego czołowo czopu.

**SŁOWA KLUCZOWE:** szlifowanie, czop wału, frezarka, błędy kształtu

*The article presents the results of preliminary tests of the shaft grinding process on a 4-axis AVIA VMC800 milling machine. The carried out tests are a preparation for the development of the face grinding process of a crankshaft pivots of ship engines. Measurements of selected shape errors of the face-ground journal were carried out in the paper.*

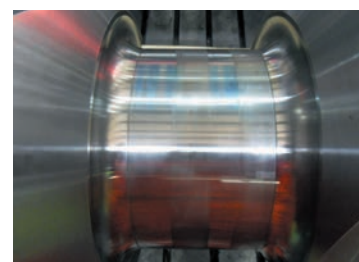
**KEYWORDS:** grinding, shaft stub, milling machine, shape errors

Proces szlifowania wielkogabarytowych oraz standardowych wałów korbowych nastęrcza wiele problemów – nad ich rozwiązaniem pracują firmy i ośrodki naukowo-badawcze. W pracy [3] przedstawiono mechanizm szlifowania oscylacyjnego wałów korbowych, w pracy [4] – badania procesu szlifowania wałów korbowych z wysoką szybkością, w pracy [5] – analizę sił występujących podczas szlifowania wałów korbowych, a w pracy [6] – badania nad wydajnością procesu szlifowania. W artykule omówiono przebieg badań wstępnych procesu szlifowania czołowego czopu wału na frezarce czteroosiowej AVIA VMC800.

Taki kierunek badań obrano głównie z powodu problemów występujących podczas szlifowania dużych wałów korbowych silników okrętowych.

Przykładowe błędy kształtu szlifowanego czopu wału silnika okrętowego przedstawiono na rys. 1. Proces szlifowania tego czopu wału zrealizowano na szlifierce, której jednostka szlifująca jest wyposażona w ściernicę o średnicy  $\varnothing 2000$  mm i szerokości 138 mm. Tarcza ma konstrukcję stalową, na którą za pomocą kleju nałożone są dwie warstwy – pośrednia i robocza, wykonana z CBN – każda o grubości 5 mm. Tarcza obraca się z prędkością  $n = 300\pm 500$  obr/min. Proces obróbki czopu wału odbywa się w trzech przejściach obwodowego szlifowania wgłębnego. Warunkiem prawidłowego przeprowadzenia procesu szlifowania jest uzyskanie 90-procentowego odbicia płaskiego wzorca pokrytego tuszem o grubości ok. 4  $\mu\text{m}$ . Niestety w rezultacie stosowanego obecnie procesu szlifowania uzyskuje się ok 30-procentowe odbicie (rys. 1). Powodem niskiej jakości powierzchni szlifowanej są: błędy pozycjonowania szlifierki, mała sztywność tarczy szlifierskiej oraz kolizje, do których dochodzi na obrabiarce.

Rys. 1. Czop wału korbowego ze śladami tuszu, uwidaczniającymi błąd prostoliniowości tworzącej



Różnice wysokości pomiędzy poszczególnymi wejściami tarczy szlifierski osiągają nawet 0,2 mm. W związku z tym czop wału wymaga pracochłonnego procesu dogładzania ręcznego, który może trwać nawet 40 roboczogodzin.

Autorzy podjęli próbę przeprowadzania procesu szlifowania czopu wału (w skali ok. 1:10) na frezarce czteroosiowej AVIA VMC800. Zaletą takiego rozwiązania jest zmiana procesu obwodowego szlifowania wgłębnego w trzech przejściach na proces czołowego szlifowania wzdłużnego, co umożliwiło również zastosowanie mniejszego narzędzia.

### Metodyka badań

Pierwszy etap badań obejmował przygotowanie próbek, na której wykonano trzy czopy o średnicy  $\varnothing 43$  mm i długości 19,5 mm, odsunięte od siebie o 5 mm. Próbkę została obrobiona na tokarce CTX 310 ECO, nożem TR-D13JCL 2020K wyposażonym w płytkę TR-DC1304-F 4215 (rys. 2), z następującymi parametrami skrawania:

- prędkość skrawania  $v_c = 300$  m/min,
- posuw na obrót  $f_n = 0,1$  mm/obr,
- głębokość skrawania  $a_p = 1$  mm.

Następnie na przyrządzie do pomiaru zarysu kształtu Talyrond 365 zmierzono odchyłki okrągłości (rys. 3) i walcowości (rys. 4), a na profilometrze Talysurf CCI przeprowadzono pomiar struktury geometrycznej powierzchni (rys. 5) [1].

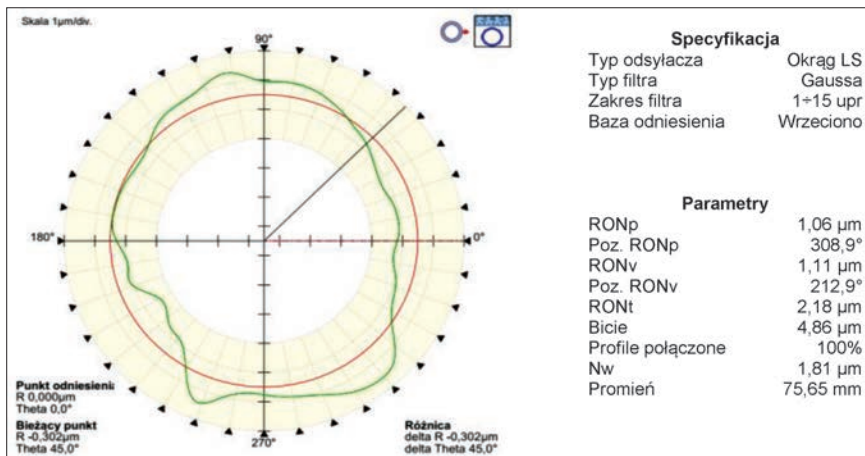
Kolejny etap badań polegał na przeprowadzeniu czołowego szlifowania wzdłużnego czopów wałów na czteroosiowej frezarce AVIA VMC800 (rys. 6).

Proces szlifowania został przeprowadzony z użyciem ściernicy trzpieniowej o średnicy  $\varnothing 38$  mm i wysokości 19 mm z różowego korundu szlachetnego EK o ziarnistości 30. W celu uniknięcia występowania zerowej prędkości szlifowania oś tarczy została przesunięta o 15 mm względem osi szlifowanego wałka.

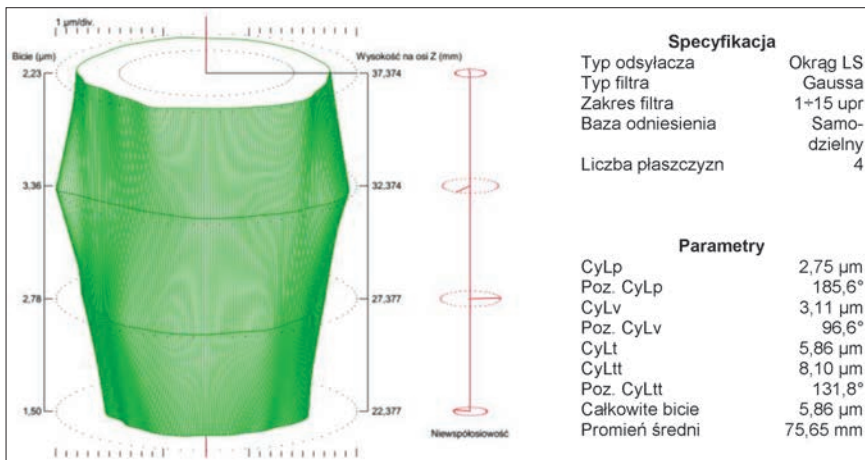


Rys. 2. Toczenie próbki na tokarce CTX 310 ECO

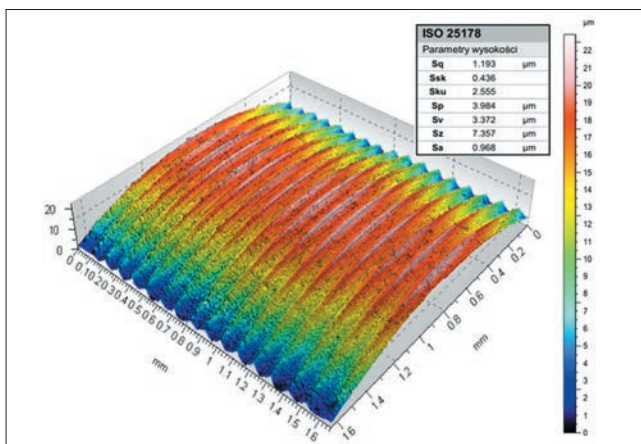
\* Dr inż. Łukasz Nowakowski (lukasn@tu.kielce.pl), dr hab. inż. Edward Miko, prof. PŚk (emiko@tu.kielce.pl), mgr inż. Michał Skrzyaniarz (mskrzyaniarz@tu.kielce.pl) – Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii, Politechnika Świętokrzyska



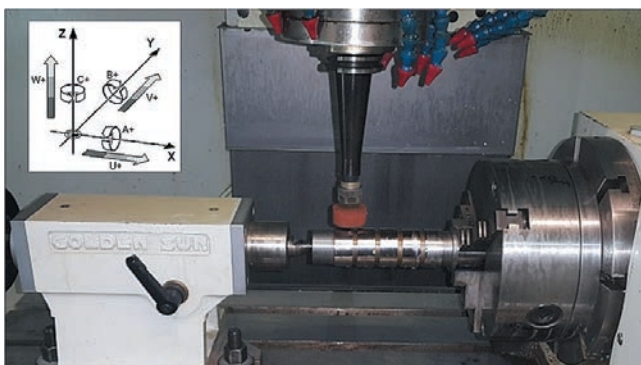
Rys. 3. Parametry i wyniki pomiarów odchyłki okrągłości czopu I po toczeniu



Rys. 4. Parametry i wyniki pomiarów odchyłki walcowości czopu I po toczeniu



Rys. 5. Przykładowa SGP czopu I po toczeniu



Rys. 6. Stanowisko do prowadzenia prac szlifierskich

Proces szlifowania przeprowadzono z prędkością obrotową wrzeczona frezarki  $n = 10\,000$  obr/min, co daje  $v_c = 20$  m/s. Prędkość ruchu posuwowego wynosiła 2 mm/obr szlifowanego wałka (czas pojedynczego, pełnego obrotu wałka to 14,4 s) i była realizowana jako złożenie dwóch ruchów: przesuwu narzędzia w osi X wzdłuż osi szlifowanego wałka oraz obrotu szlifowanego wałka wokół osi A. Głębokość skrawania  $a_p$  wynosiła 0,02 mm, a jej zmianę osiągnęto przez dosuw narzędzia w osi Z.

W procesie szlifowania zastosowano ciecz chłodząco-smarującą BE-CHEM AVANTIN 361 I.

Po procesie szlifowania ponownie przeprowadzono pomiary odchyłki okrągłości (rys. 7) i walcowości (rys. 8) oraz struktury geometrycznej powierzchni (rys. 9).

W celu określenia zużycia krawędzi ściernicy przeprowadzono na profirometrze Talysurf CCI pomiar strefy przejściowej pomiędzy powierzchnią toczoną a powierzchnią szlifowaną. Wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 10 i 11.

Po analizie widoku przedstawionego na rys. 10 oraz profilu z rys. 11 stwierdzono, że krawędź ściernicy uległa zużyciu kształtowemu na długości 0,4 mm (rys. 11).

Zestawienie wyników pomiarów odchyłek okrągłości i walcowości czopów toczonych oraz szlifowanych zawarto w tabl. I. Na podstawie tych wyników oraz przedstawionych na rys. 3 i 4 oraz 7 i 8 stwierdzono, że proces szlifowania poprawił nieznacznie odchyłkę okrągłości na dwóch pierwszych czopach – odpowiednio o 4 μm i 22 μm – i pogorszył o 6 μm w przypadku czopu III.

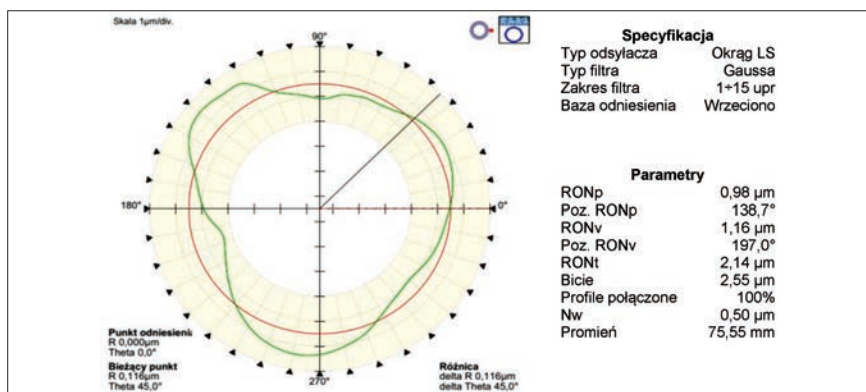
Stwierdzono również, że proces szlifowania zmienił kształt zarysu z owalnego, uzyskanego w wyniku procesu toczenia, na trójgraniasty – przyczyną tego może być błąd bicia uchwytu trójściskowego, który wynosił maksymalnie 20 μm.

Analizując wyniki pomiarów odchyłki walcowości, stwierdzono, że proces szlifowania zwiększył jej wartość ok. 2÷4 razy. Powodem pogorszenia odchyłki walcowości jest błąd ustawienia osi konika względem sterowanej numerycznie osi podzielnicy. Przeprowadzone pomiary z wykorzystaniem czujnika zegarowego i wzorca w kształcie walca wykazały różnicę wysokości między osiami 25 μm/50 mm; konik stanowiący wyposażenie obrabiarki nie ma możliwości regulacji wysokości.

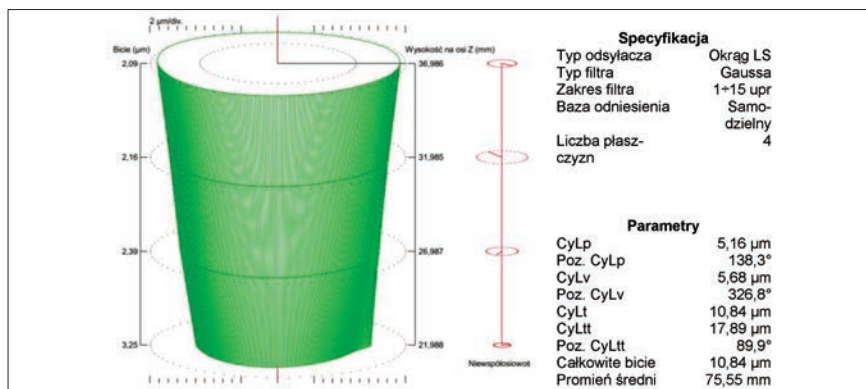
W wyniku procesu szlifowania uzyskano powierzchnię, której dominującą składową odchyłki walcowości jest odchyłka kształtu w przekroju wzdłużnym, mająca charakter stożka (rys. 8).

W tabl. II przedstawiono porównanie wybranych parametrów struktury geometrycznej powierzchni, uzyskanych po procesach toczenia i szlifowania [2]. Wyniki pomiarów wskazują, że wskutek procesu szlifowania parametr  $S_a$  chropowatości powierzchni zmniejszył się pięciokrotnie – z 0,968 μm do 0,171 μm.

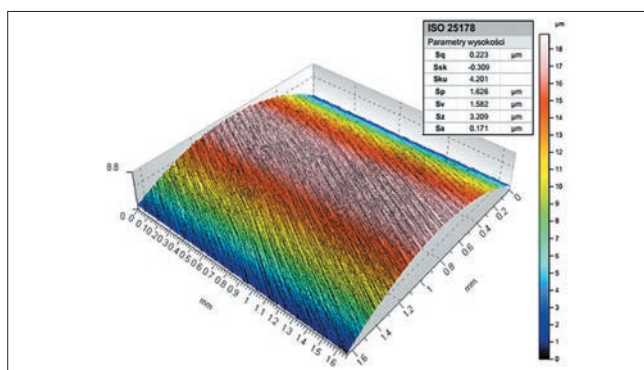




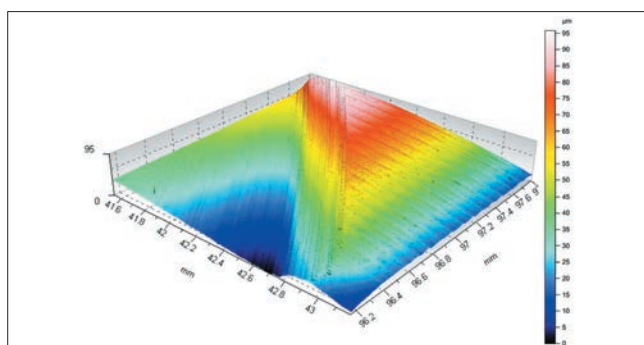
Rys. 7. Parametry i wyniki pomiarów odchyłki okrągłości czopu I po szlifowaniu



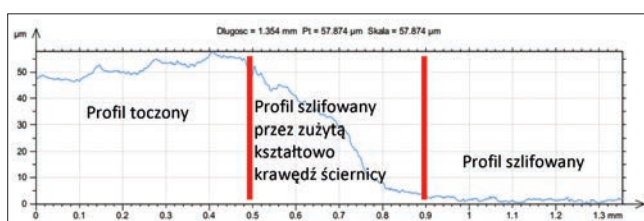
Rys. 8. Parametry i wyniki pomiarów odchyłki walcowości czopu I po szlifowaniu



Rys. 9. Przykładowa SGP czopu I po szlifowaniu



Rys. 10. Strefa skrawania powierzchni walca przez ściernicę trzpieniową



Rys. 11. Profil strefy szlifowania (kontaktu) powierzchni walca przez ściernicę trzpieniową

TABLICA I. Wyniki pomiarów odchyłek okrągłości i walcowości czopów toczonej i szlifowanych

	Odchyłka okrągłości, μm			
	czop I	czop II	czop III	Δ
Toczenie	2,18	2,43	2,11	0,32
Szlifowanie	2,14	2,21	2,17	0,07

	Odchyłka walcowości, μm			
	czop I	czop II	czop III	Δ
Toczenie	5,86	3,11	2,68	3,18
Szlifowanie	10,84	10,54	10,98	0,44

TABLICA II. Wyniki pomiarów parametrów SGP dla czopu I

Proces	Toczenie	Szlifowanie
Sq, μm	1,193	0,233
Ssk	0,436	-0,309
Sku	2,555	4,201
Sp, μm	3,984	1,626
Sv, μm	3,372	1,582
Sz, μm	7,357	3,209
Sa, μm	0,968	0,171
Ra, μm	0,963	1,181
Rsm, mm	0,089	0,029
Rdq, °	8,636	4,190

## Podsumowanie

Proces czołowego szlifowania wzdłużnego może być alternatywą dla obwodowego szlifowania wglębnego czopów dużych wałów korbowych.

W efekcie szlifowania czopu wału na frezarce czteroosiowej poprawiono strukturę geometryczną powierzchni, nieznacznie poprawiono odchyłkę okrągłości oraz uzyskano wysoką powtarzalność procesu, o czym świadczy nieduży rozrzut wyników odchyłki walcowości i okrągłości. Zmniejszenie odchyłki walcowości można osiągnąć przez zmniejszenie błędu ustawienia osi konika względem osi sterowanej numerycznie podzielnicy. Kolejnym etapem badań będzie ponowne przeprowadzenie procesu szlifowania na frezarce czteroosiowej po wprowadzeniu zmian sposobu mocowania przedmiotu obrabianego. W pierwszej kolejności musi zostać usunięty błąd osiowości konika i podzielnicy, np. przez zastosowanie konika z regulowaną wysokością lub kła z możliwością przesuwu osi. Zostanie również wykonana próba szlifowania w kłach, co powinno wyeliminować lub zredukować bicie uchwytu. Następnie zostanie zastosowana tarcza o mniejszej ziarnistości i większej średnicy, co pozwoli na zwiększenie prędkości szlifowania.

## LITERATURA

- Adamczak S., Świdorski J., Dobrowolski T. „Analiza wpływu gęstości próbkowania poziomego na parametry chropowatości”. *Mechanik*. 4 (2017): s. 332–334.
- Adamczak S., Świdorski J. „Narzędzia do analizy porównawczej stanu struktury geometrycznej powierzchni ukształtowanej toczeniem”. *Mechanik*. 10 (2017): s. 906–908.
- Baron Y.M., Tamaki J., Kuriyagawa T. „Analysis of the grinding mechanism with wheel head oscillating type CNC crankshaft pin grinder”. *Key Engineering Materials*. 291–292 (2005): s. 163–170.
- Comley P., Walton I., Jin T., Stephenson D.J. „A high material removal rate grinding process for the production of automotive crankshafts”. *CIRP Annals*. 55, 1 (2006): s. 347–350.
- Walsh A., Baliga B.C., Hodgson P.D. „A study of the crankshaft pin grinding forces”. *Key Engineering Materials*. 257–258 (2004): s. 75–80.
- Zhang M., Yao Z. „Grinding performance in crankshaft pin journal path-controlled grinding of 40Cr using CBN wheel”. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 82, 9–12 (2016): s. 1581–1586.