

Zastosowanie czujnika optycznego ConoProbe MK 3.0 HD do pomiaru profilu powierzchni obrabianej

Application of the optical sensor ConoProbe Mark 3.0 HD for measuring profile of machined surface

PAWEŁ PREŚ
MAREK STEMBALSKI
PAWEŁ TUREK
WAĆLAW SKOCZYŃSKI
TOMASZ JANKOWSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.493

Przedstawiono zastosowanie czujnika optycznego ConoProbe 3.0HD do szybkiego skanowania profilu 2D powierzchni wału po obróbce skrawaniem. Do przemieszczania głowicy pomiarowej wykorzystano napęd obrabiarki CNC. Zmierzony profil wykorzystano do oceny różnicy średnic tego wału oraz jego chropowatości. Zmierzone wartości odniesiono do wyników uzyskanych przy pomocy profilografometru firmy Taylor Hobson. W zależności od częstotliwości próbkowania sygnału badania wykazały rozbieżności rzędu 0,02 mm dla pomiaru średnicy wału oraz rozbieżności od 1 do 10 μm w ocenie chropowatości.

SŁOWA KLUCZOWE: pomiar chropowatości, holografia konoskopowa, profilograf, obrabiarka CNC

Application of an optical sensor ConoProbe 3.0HD to quickly scan a 2D profile of the shaft after machining was described. The drive of CNC machine tool was employed to move the measuring head. The measured profile was used to assess the difference in diameters of the shaft and its roughness. The measured values were referred to the results obtained using profilographometer Taylor Hobson. Studies have shown differences in the shaft diameter assessment of the order of 0.02 mm, and in the assessment of roughness of 1 to 10 mm, depending on the sampling frequency.

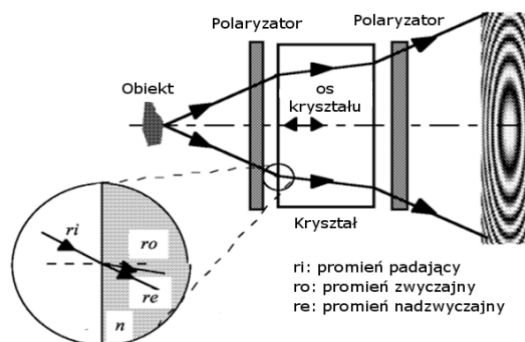
KEYWORDS: roughness measurement, conoscopic holography, profilograph, CNC machine

Przez termin *holografia* [2] rozumiemy taki sposób zapisu fali świetlnej rozproszonej na obiekcie, że w ośrodkach światłoczułych rejestrowane są informacje nie tylko o natężeniu pola świetlnego pochodzącego od obiektu, ale również o fazie fali w strukturze prążków interferencyjnych.

Dwa równomiernie spolaryzowane promienie światła emitowane przez punktowe źródło lub odbite przez obiekt przenikają przez powierzchnię czołową kryształu (rys. 1). W punkcie styku z powierzchnią kryształu promień padający rozdziela się na dwie wiązki rozchodzące się z różną prędkością po niemal identycznych trajektoriach.

Podział promienia światła na zwyczajny (r_o) i nadzwyczajny (r_e) wynika z anizotropowych własności optycznych kryształu (dwójłomności). W wyniku działania polaryzatora (powodującego zmianę wektora pola elektromagnetycznego) znajdującego się przy powierzchni wyjścia promieni światła z kryształu obie fale nakładają się, tworząc strefę Fresnela (płytką strefę amplitudową). W rzeczywistości każdy punkt obiektu tworzy własną strefę Fresnela. Na

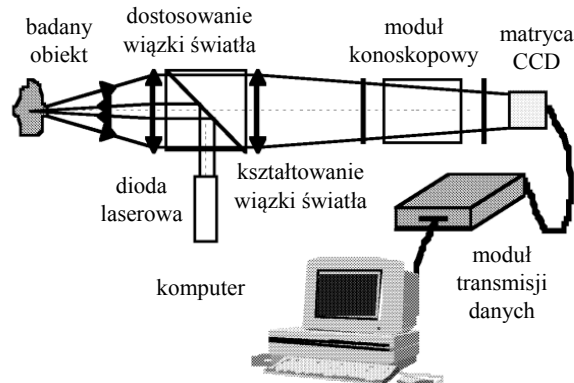
podstawie uzyskanego wzoru (liczby prążków interferencyjnych nałożonych na powierzchnię o określonej wielkości oraz położenia środka wzoru) można określić odległość i położenie punktu w kierunku poprzecznym. Holografia konoskopowa [6, 7], podobnie jak inne techniki holografii, umożliwia przetworzenie uzyskanych wzorów interferencyjnych na hologram.



Rys. 1. Zjawisko interferometrii holomorfcznej [4, 5]

Czujnik konoskopowy do pomiaru odległości

Układ do pomiaru odległości został przedstawiony na rys. 2. W jego skład wchodzi: czujnik ConoProbe Mk 3.0 HD z obiektywem, sterownik oraz komputer PC. Wykorzystuje on zjawisko interferencji holograficznej omówione powyżej. W trakcie pomiaru obraz interferencyjny wyświetlany jest na światłoczułej matrycy CCD. Sterownik analizuje uzyskany obraz (zlicza prążki). Uzyskana na tej podstawie informacja jest przesyłana do komputera PC.



Rys. 2. Schemat konoskopowego układu pomiarowego

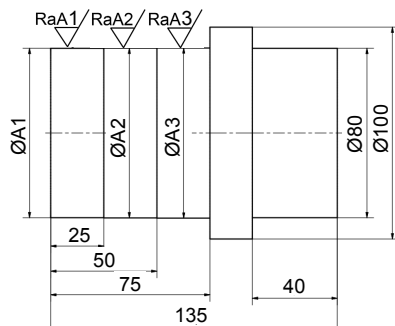
Czujnik optyczny ConoProbe Mk 3.0 HD z obiektywem o ogniskowej 25 mm umożliwia pomiar odległości z dokładnością $<1 \mu\text{m}$. Wielkość plamki wynosi 8 μm , a zakres pomiarowy 0,6 mm. Uwzględniając podaną konfigurację przedmiot

* Dr inż. Paweł Preś (pawel.pres@pwr.edu.pl), dr inż. Marek Stembalski (marek.stembalski@pwr.edu.pl), mgr inż. Paweł Turek (pawel.turek@pwr.edu.pl), dr hab. inż. Wacław Skoczyński prof. PWr (wacław.skoczyński@pwr.edu.pl), dr inż. Tomasz Jankowski (tomasz.jankowski@pwr.edu.pl) – Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Katedra Obrabiarek i Technologii Mechanicznych

mierzony musi znajdować się w odległości $14,5 \pm 0,3$ mm. Maksymalna częstotliwość pomiaru to 3000 Hz.

Stanowisko

Badanie właściwości czujnika przeprowadzono w oparciu o wykonaną specjalnie do tego celu trzystopniową próbkę (rys. 3).



Rys. 3. Geometria próbki

Każdy ze stopni wału obrabiany był z innym posuwem i stałą głębokością skrawania na długości 25 mm. Pozwoliło to uzyskać trzy powierzchnie o różnej chropowatości. Przed przystąpieniem do pomiarów układ został odpowiednio skalibrowany i odsunięty od przedmiotu na wskazaną przez producenta odległość, tak aby wartość parametru Signal quality mieściła się w zakresie 60–100%.

Próbka została zamocowana we wrzecionie tokarki za pomocą uchwytu trójściskowego. Do posadowienia czujnika wykonano specjalną podstawkę, która umożliwiła jego montaż w głowicy narzędziowej obrabiarki. Po ustaleniu położenia wszystkich elementów układu rozpoczęto pomiar wybranych cech geometrycznych wyrobu. W pierwszej kolejności określona została różnica w średnicach pomiędzy trzema stopniami próbki. Obliczono wartości $\Delta A1 = (\Delta A2 - \Delta A1)/2$ oraz $\Delta A2 = (\Delta A3 - \Delta A2)/2$. W tym celu konieczne było dobranie odpowiednich parametrów pomiaru (częstotliwość pomiaru i liczba punktów pomiarowych) oraz uruchomienie dedykowanego programu sterującego pracą obrabiarki CNC.



Rys. 4. Pomiar chropowatości trzech stref próbki z zaznaczonym kierunkiem ruchu suportu tokarki

Wyniki eksperymentu dla różnych wartości częstotliwości pomiaru zestawiono z wartościami uzyskanymi wcześniej przy zastosowaniu profilografometru firmy Taylor Hobson i przedstawiono w tabl. I.

TABLICA I. Różnica wymiarów badanego konturu

		$\Delta A1, \mu\text{m}$	$\Delta A2, \mu\text{m}$
Taylor Hobson		52,19	66,33
ConoProbe Mk 3.0	$f = 1000$	71,1	66,1
	$f = 500$	73,1	64
	$f = 250$	73,3	72,4
	$f = 100$	71,2	71,7

Następnie dla tej samej próbki przeprowadzono pomiar chropowatości powierzchni wzdłuż osi wału i porównano go z wartościami zmierzonymi za pomocą profilografometru. Wyniki zestawiono w tabl. II.

TABLICA II. Pomiar chropowatości

Parametr	strefa A1			strefa A2			strefa A3			
	Ra	Rq	Rz	Ra	Rq	Rz	Ra	Rq	Rz	
Taylor Hobson	4,15	4,72	15,65	1,36	1,61	5,99	0,37	0,48	2,51	
ConoProbe Mk 3.0	$f=1000$	3,44	4,33	19,9	3,1	3,87	13,18	4,88	5,89	21,3
	$f=500$	3,21	4,13	14,44	2,83	3,5	10,9	4,69	5,64	14,31
	$f=250$	3,28	4,09	13,01	2,63	3,24	9,91	4,55	5,45	14,15
	$f=100$	2,62	3,35	10,04	2,13	2,64	8,14	4,31	5,02	11,21

Podsumowanie

Porównując pomiary przeprowadzone za pomocą czujnika optycznego ConoProbe Mk 3.0 i profilografometru Taylor Hobson, można stwierdzić pewną rozbieżność wyników. W przypadku danych zawartych w tabl. I dotyczących badania różnicy średnic zauważono, że dla $\Delta A1$ wartość ta mieści się w przedziale 18–20 μm i jest znacznie większa niż w przypadku $\Delta A2$, dla której różnica mieści się w przedziale 2–6 μm . Na wartość tej różnicy znaczący wpływ ma częstotliwość, z jaką dokonywany był pomiar. Również w przypadku chropowatości, porównując wyniki z dwóch metod pomiarowych, zauważono znaczne różnice. Każdy rodzaj chropowatości zmierzony za pomocą czujnika optycznego wykazuje odchyłki z wartościami uzyskanymi na profilografometrze. Największe różnice wykazuje parametr chropowatości Rz w strefie pomiarowej A3.

Na dokładność pomiarów może składać się kilka czynników. Pierwszym z nich jest sposób mocowania samego czujnika, który nie zapewnia odpowiedniej sztywności i w trakcie pracy obrabiarki może powodować jego drgania. Kolejnym jest fakt, że próbka nie była badana bezpośrednio po obróbce, a pomiary zostały rozłożone w czasie. Następowo wtedy powtórne mocowanie próbki w uchwycie praktycznie zawsze odmienne do pozycji pierwotnej. Podczas dokonywania pomiarów można również było zauważyć na wykresach pojedyncze skoki, które znacznie odbiegały od wartości średniej pomiaru, co w konsekwencji mogło spowodować błędne wyniki i ich interpretację.

Mimo dużej rozbieżności pomiędzy pomiarami wykonanymi za pomocą czujnika ConoProbe, a profilografometrem czujnik ten znajduje zastosowanie do pomiarów przedmiotu obrabianego bezpośrednio na obrabiarkę. Zaletą jest też możliwość pomiaru przedmiotów obrotowych o znacznych wymiarach uniemożliwiających zamocowanie profilografometrze

LITERATURA

- www.comagrav.com/files/Conoprobe%20Mark3.0%20Brochure%20small.pdf. (dostęp: 13.06.2013).
- http://www.mt.com.pl/holografia.
- OEM Manual for OPTIMET'S Family of Ethernet Probes.
- Malet Y., Sirat Y.G. "Conoscopic holography application – Multipurpose rangefinders". *Journal of Optics*. Vol. 29, No. 3 (1998): p. 183.
- www.google.co.uk/patents/US8129703.
- Sirat G. Y., Psaltis D. "Conoscopic holography". *Optical Letters*. Vol. 10, (1985): pp. 4–6.
- Sirat G. Y., Psaltis D. "Conoscopic holography". *Optics Communications*. Vol. 65 (1988): pp. 243–249. ■