

# Pomiary cech geometrycznych warstwy wierzchniej za pomocą laserowego czujnika konfokalnego

## Measurements of geometrical characteristics of the surface using a confocal chromatic measuring system

MICHAŁ WIECZOROWSKI  
RADOMIR MAJCHROWSKI  
MICHAŁ JAKUBOWICZ \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.476

W artykule przedstawiono problematykę bezstykowych pomiarów cech geometrycznych warstwy wierzchniej. Opisano zasadę działania laserowego czujnika konfokalnego. Zaprezentowano przykłady komercyjnych zastosowań takich czujników oraz zamieszczono przykłady pomiarów uzyskanych laserowym czujnikiem konfokalnym.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pomiar bezstykowy, konfokalna głowica pomiarowa, chropowatość powierzchni

*Article presents the problem of non-contact measurements of geometric characteristics of the surface. Principle of operation of a confocal chromatic measuring system. Presented examples of commercial uses of the above-mentioned sensors, and provides the measurement results obtained confocal laser sensor.*

**KEYWORDS:** non-contact measurements, confocal chromatic measuring system, roughness

Duża konkurencja oraz wysokie wymagania ze strony odbiorców wymuszają nieustanny wzrost jakości wyrobów. Wymusza to na producentach konieczność ciągłego inwestowania w nowoczesne urządzenia technologiczne. To z kolei pociąga za sobą równoczesny rozwój działów kontroli jakości ze względu na zastosowanie coraz dokładniejszych i bardziej zaawansowanych przyrządów pomiarowych.



Rys. 1. Podział metod pomiaru wielkości geometrycznych

Pomiary stykowe nie są stosowane, jeżeli w wyniku zetknięcia końcówki pomiarowej z powierzchnią mierzoną

\* Prof. dr hab. inż. Michał Wieczorowski (michal.wieczorowski@put.poznan.pl), dr inż. Radomir Majchrowski (radomir.majchrowski@put.poznan.pl), mgr inż. Michał Jakubowicz (michal.jakubowicz@put.poznan.pl) – Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych, Instytut Technologii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej

mogłaby ulec ona uszkodzeniu lub zabrudzeniu. Może tak się zdarzyć w przypadku pomiarów części gorących, mokrych oraz świeżo pomalowanych lub polakierowanych.

Na rys. 1 przedstawiono podział metod pomiaru wielkości geometrycznych ze względu na styk końcówki pomiarowej z mierzoną powierzchnią.

W przypadku gdy kontakt z mierzoną powierzchnią jest utrudniony, niemożliwy lub niepożądany, wymagane jest użycie urządzeń realizujących pomiar metodą bezstykową, do których zaliczają się czujniki optyczne.

### Konfokalna głowica laserowa

Rozwój optoelektroniki zdecydowanie wpłynął na zwiększenie zainteresowania zastosowaniem czujników optycznych w pomiarach wielkości geometrycznych.

Do grupy czujników optycznych zalicza się czujniki laserowe triangulacyjne, skanery laserowe, czujniki laserowe typu TOF (czas powrotu impulsu – *time of flight*) oraz czujniki laserowe konfokalne [5].

W rozważaniach skupiono się tylko na laserowym czujniku konfokalnym (rys. 2).



Rys. 2. Laserowy czujnik konfokalny Micro-Epsilon: a) zasada działania; b) widok urządzenia [2]

W przypadku laserowego czujnika konfokalnego wyznacza się odległość, analizując długość fali światła polichromatycznego odbitego od mierzonej powierzchni, wcześniej rozszczepionego w układzie optycznym czujnika [2].

Polichromatyczne światło białe jest ogniskowane na powierzchni mierzonej przez układ soczewek. Układ soczewek usytuowany jest w sposób uporządkowany. Każdej długości światła przypisany jest określony dystans i położenie soczewki. Odbite od mierzonego obiektu światło poprowadzone jest przez układ optyczny do detektora, gdzie zostaje rozpoznane spektralnie. Ten sposób pomiaru pozwala bardzo precyzyjnie określić drogę, jaką pokonało światło odbite (rys. 2a) [2].

Pomiar jest możliwy zarówno dla powierzchni rozpraszających, jak i odbijających [2].

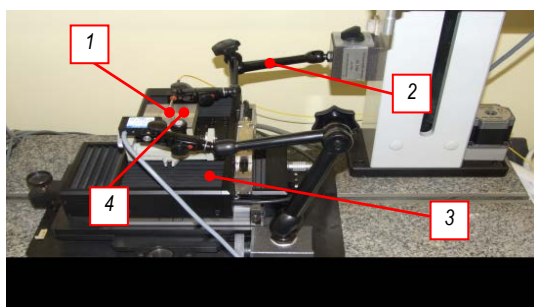
Do podstawowych zalet czujnika konfokalnego można zaliczyć [2]:

- wysoką rozdzielczość (nanometry);
- stałą, niewielką średnicę plamki pomiarowej;
- możliwość pomiaru elementów wykonanych z materiałów odbaskowych oraz przezroczystych (np. szkło);
- brak emisji ciepła oraz fal radiowych.

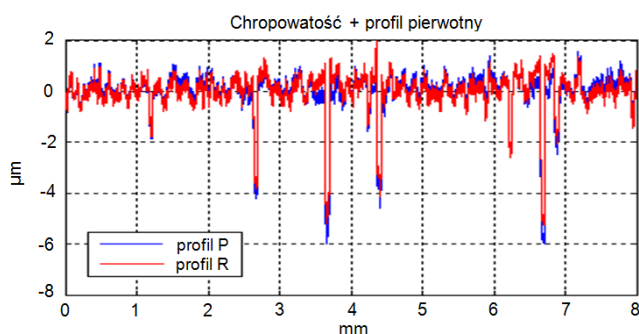
Najważniejszym wymogiem w przypadku użycia czujnika konfokalnego jest to, aby światło odbite od mierzonej powierzchni mogło ponownie dotrzeć do detektora.

### Przykłady pomiarów cech geometrycznych warstwy wierzchniej za pomocą laserowego czujnika konfokalnego

W badaniach wykorzystano głowicę konfokalną IDT IFS2402 (rys. 3 1) o zakresie pomiarowym 1,5 mm i rozdzielczości 0,016  $\mu\text{m}$ . Dane z sensora rejestrowano za pomocą komputera z dedykowaną kartą do akwizycji danych. Podczas pomiaru rejestrowano czas (oś x) oraz napięcie sygnału (oś y). Zastosowano układ pomiarowy, w którym głowica konfokalna była nieruchoma, natomiast przesuwano się mierzona próbka (rys. 3). Głowica konfokalna zamocowana była za pomocą statywu (2). Ruch próbki zrealizowano, wykorzystując stolik liniowy firmy OWIS (3). Pomiaru wykonano dla różnych próbek (4). Na rys. 4 przedstawiono przykład uzyskanego profilu dla powierzchni po obróbce honowania. Próbkę mierzono przy dwóch prędkościach przesuwu stolika 0,5 mm/s i 1 mm/s. Po pomiarze surowe dane były poddane dalszej obróbce, wykorzystując autorskie oprogramowanie



Rys. 3. Widok stanowiska badawczego i zastosowanej aparatury



Rys. 4. Przykład profilu uzyskanego przy użyciu głowicy konfokalnej

Weryfikację wyników przeprowadzono m.in. na wzorcu materialnym typu A2. Jest to wzorec składający się z rys o zdefiniowanym kształcie i głębokości.

W tablicy zamieszczono uzyskane głębokości rys. Wzorec zmierzono trzema metodami: profilometrem optycznym Veeco NT110, profilometrem stykowym TOPO L50 oraz głowicą konfokalną IDT IFS2402. W tablicy zamieszczono wynik dla trzech rys o nominalnych głębokościach: 9,220, 5,055 i 2,460  $\mu\text{m}$ .

Uzyskane wartości głębokości rys wskazują na możliwość wykorzystywania głowic konfokalnych do pomiarów cech geometrycznych warstwy wierzchniej różnych powierzchni. Analizując wyniki zamieszczone w tablicy, wyraźnie można zauważyć, że najbardziej zbliżone wyniki uzyskano za pomocą profilometru stykowego. Porównując dwie przedstawione metody optyczne, bardziej zbliżone wyniki wartości uzyskano za pomocą profilometru optycznego Veeco. Niemniej jednak użycie głowicy konfokalnej znacznie skróciło czas pomiaru. To w praktyce przemysłowej ma duże znaczenie.

TABLICA I. Przykładowe wyniki pomiaru wzorca typu A2 trzema różnymi metodami

	Wzorec typu A2 KNT 2060/1	Profilometr optyczny Veeco NT110	Profilometr stykowy TOPO L50	Głowica konfokalna IDT IFS2402
	[ $\mu\text{m}$ ]			
Rysa nr 1	9,220	9,015	9,312	9,982
Rysa nr 2	5,055	4,942	5,081	5,434
Rysa nr 3	2,460	2,211	2,621	2,765

### Podsumowanie

Pomiar cech geometrycznych warstwy wierzchniej jest bardzo istotny; obecnie mamy do dyspozycji wiele metod i przyrządów pomiarowych [3, 7, 8]. Większą część przyrządów do pomiaru chropowatości oraz geometrii powierzchni stanowią metody stykowe, a przede wszystkim metody profilometryczne. Wadą ich jest długi czas pomiaru, ponieważ w celu uzyskania wiarygodnego odwzorowania powierzchni prędkość pomiaru musi być mała. Jeśli tak nie jest, igła może stracić kontakt z powierzchnią i może dojść do tzw. zjawiska lotu [1]. Szereg referatów poświęcono temu zjawisku [4, 6], a jego wpływ na wyniki pomiarów chropowatości jest istotny.

Autorzy przedstawili jedną z możliwości wykorzystania metody optycznej do pomiaru cech geometrycznych warstwy wierzchniej. Wykonano pomiary dla różnych próbek oraz wzorców materialnych. Przedstawiono przykładowe wyniki oraz porównanie z innymi metodami, w tym z metodą stykową. Uzyskane rezultaty wskazują na możliwość wykorzystywania głowic konfokalnych do pomiarów cech geometrycznych warstwy wierzchniej.

**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

1. Damir M., "Error in measurement due to stylus kinematics". *Wear*. Vol. 26, No. 2 (1973): pp. 219–227.
2. <http://www.micro-epsilon.com/displacement-position-sensors/confocal-sensor/index.html> (dostęp 20.05.2016 r.).
3. Majchrowski R. „Pomiary topografii powierzchni – metody i analiza”. *Struktura geometryczna powierzchni i właściwości wytrzymałościowe kół zębatych*. Kalisz, PWSZ w Kaliszu, 2011, s. 85–98.
4. McCool J.I. "Assessing the effect of stylus tip radius and flight on surface topography measurements". *Transactions of the ASME: Journal of Tribology*. Vol. 106 (1984): pp. 202–210.
5. Morek R. „Pomiary bezstykowe – cz. I”. *Stal Metale & Nowe Technologie*. Nr 3–4 (2012), s. 48–50.
6. Song J.F., Vorbürger T.V. "Stylus flight in surface profiling". *Manufacturing Science and Engineering*. ASME PED-68-1 (1994): pp. 161–174.
7. Thomas T.R. "Rough Surfaces, second edition". Imperial College Press, 1999.
8. Whitehouse D.J. "Surfaces and their Measurement". London, Hermes Penton Ltd, 2002.