

Wpływ materiału i rodzaju obróbki na możliwość pomiaru stereometrii powierzchni metodą koherentnej interferometrii korelacyjnej

The influence of the material and the method of processing on the measurement ability to surface texture by coherence correlation interferometry method

TOMASZ DOBROWOLSKI
JACEK ŚWIDERSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.480

W artykule przedstawiono wpływ rodzaju zastosowanej obróbki i właściwości optycznych materiału, z którego wykonany jest mierzony element, na ilość punktów niezmiernych podczas wykonywania pomiarów stereometrii powierzchni metodą koherentnej interferometrii korelacyjnej.

SŁOWA KLUCZOWE: pomiary optyczne, struktura geometryczna powierzchni, koherentna korelacyjna interferometria

The paper presents an influence of the applied machining method and optical properties of the material of investigated element on the number of points that were not measured during measurements of surface stereometry with the use of coherence correlation interferometry.

Key words: optical measurements, geometrical surface structure, coherence correlation interferometry

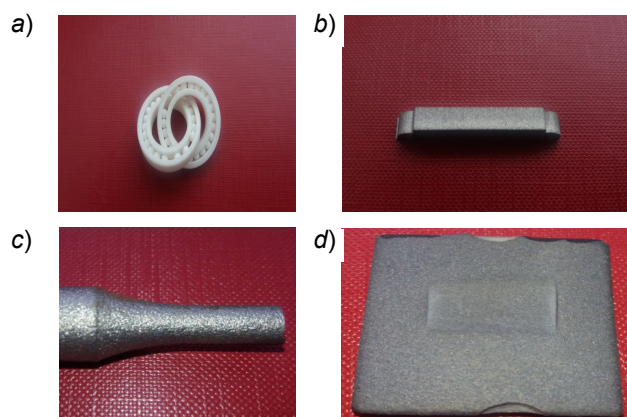
Systemy pomiarowe z zastosowaniem zaawansowanych algorytmów obliczeniowych dają duże możliwości weryfikacji powierzchni. Najbardziej rozpowszechnioną metodą pomiarów struktury geometrycznej powierzchni jest pomiar za pomocą profilometru stykowego z ostrzem odwzorowującym. Metoda ta stosowana jest zarówno w przemyśle, jak i w warunkach laboratoryjnych. Zastosowanie jej jest jednak ograniczone naciskiem ostrza na powierzchnię, co może doprowadzić do uszkodzenia mierzonego elementu [1]. Celowe jest w takich przypadkach zastosowanie alternatywnych metod pomiaru (bezkontaktowych). Jedną z możliwości jest użycie przyrządu optycznego działającego na zasadzie koherentnej interferometrii korelacyjnej [2]. Ograniczeniem tej metody przy pomiarach topografii powierzchni jest apertura numeryczna zastosowanego obiektywu, która limituje możliwość pomiaru na zboczach o dużym nachyleniu. Zastosowanie do pomiaru powierzchni ze stromymi zboczami, obiektywu ze zbyt małą aperturą powoduje, że w wyniku pomiaru otrzymujemy obszary z punktami niezmiernymi. Wadą tej metody pomiaru jest również wpływ własności optycznych materiału badanej powierzchni na wynik pomiaru – przy całkowitej absorpcji lub rozpraszaniu światła pomiar powierzchni nie jest możliwy. Tam gdzie na powierzchni mierzonego elementu występują ostre zbocza lub światło jest pochłaniane, wynikiem pomiaru jest obszar składający się z punktów, których nie jest określona współrzędna osi Z.

W celu sprawdzenia, jaki wpływ na ilość punktów niezmiernych ma rodzaj materiału i typ zastosowanej obróbki wykonano pomiary czterech powierzchni z różnych materiałów, poddanych różnej obróbce z zastosowaniem przyrządu wykorzystującego metodę koherentnej interferometrii korelacyjnej (CCI).

Badane powierzchnie

Przeanalizowano cztery rodzaje powierzchni:

- powierzchnia elementu wydrukowanego z poliamidu PA12 metodą SLS,
- powierzchnia stopu cyrkonu z niobem powstała po cięciu strugą wodno-ścierną,
- powierzchnia po piaskowaniu,
- mikropowłoka natryskiwana na podłoże stalowe metodą naddźwiękową.



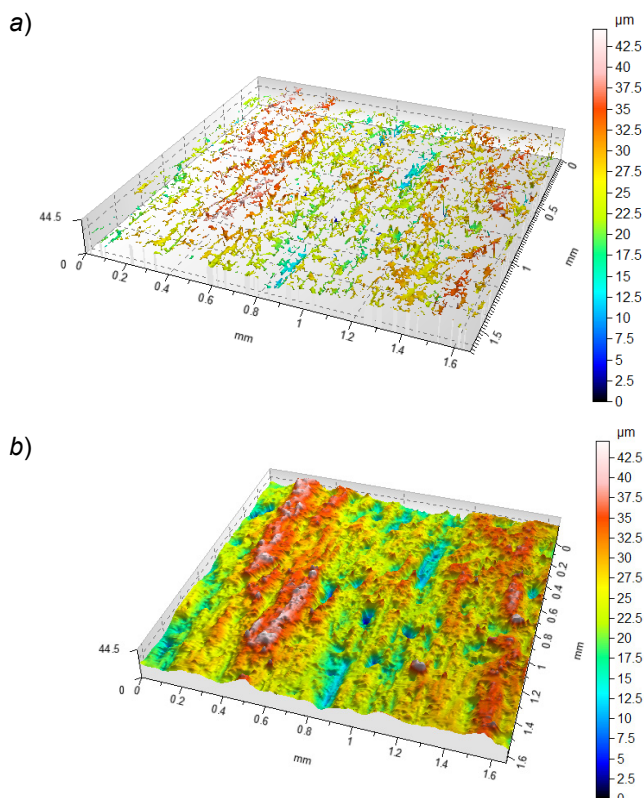
Rys. 1. Mierzone detale: a) wydruk 3D, b) element po cięciu strugą wodno-ścierną, c) element po piaskowaniu, d) powłoka natryskiwana (środkowa część)

Wyniki pomiarów

Do wykonania pomiarów zastosowano przyrząd optyczny wykorzystujący metodę koherentnej interferometrii korelacyjnej Talysurf CCI firmy Taylor Hobson, wyposażony w system trzech obiektywów o powiększeniu $\times 10$, $\times 20$ oraz $\times 50$ [3–5]. Pojedynczy pomiar składa się z macierzy 1024 na 1024 punkty zawierającej współrzędne z nierówności powierzchni. Od rodzaju zastosowanego obiektywu zależy gęstość próbkowania poziomego i apertura, czyli czynniki, które mają istotny wpływ na wyniki pomiaru.

Pomiary poszczególnych powierzchni przeprowadzono z wykorzystaniem obiektywów o powiększeniu $\times 10$, $\times 20$ oraz $\times 50$. Przykładowy wynik pomiaru powierzchni po cięciu strugą wodno-ścierną wykonany z zastosowaniem obiektywu $\times 10$ przedstawiono na rys. 2. Rysunek przedstawia obrazy izometryczne powierzchni zmierzonej oraz powierzchni po wypełnieniu punktów niezmiernych. Dla poszczególnych pomiarów wyznaczono wartości współczynników NMP (procentowy udział punktów niezmiernych) oraz parametry S_a (średnia arytmetyczna wysokość powierzchni). Obliczono wartość średnią, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności parametru S_a dla poszczególnych powierzchni. Wyniki przeprowadzonych pomiarów przedstawiono w tablicy.

* Mgr inż. Tomasz Dobrowolski (t.dobrowolski@tu.kielce.pl), mgr inż. Jacek Świdorski (swiderski@tu.kielce.pl) – Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn



Rys. 2. Wyniki pomiarów powierzchni po cięciu strugą wodno-ścierną: a) obraz izometryczny powierzchni, b) obraz izometryczny powierzchni po wypełnieniu punktów niezmiernych

Wartości uzyskanych współczynników NMP, świadczące o ilości punktów niezmiernych, pokazują, że wpływ na zdolność pomiarową zastosowanej metody mają własności optyczne mierzonej powierzchni oraz powiększenie zastosowanego obiektywu. Spośród powierzchni, które zostały poddane pomiarom, największą ilością punktów niezmiernych charakteryzuje się powierzchnia z poliamidu PA 12 wydrukowana na drukarce 3D. Zastosowanie obiektywu o największym powiększeniu spowodowało zmniejszenie liczby punktów niezmiernych z poziomu 96,5% do poziomu 55,1%. Trudność pomiaru metodą CCI tego rodzaju materiałów związana jest z ich drobnoziarnistą strukturą oraz z dużym współczynnikiem pochłaniania światła.

Największą zmiennością uzyskanych wyników parametrów S_a w zależności od zastosowanego obiektywu charakteryzuje się powierzchnia po piaskowaniu. Wysoka wartość współczynnika zmienności przekraczająca 50% dowodzi, że zastosowanie do pomiarów tego typu powierzchni obiektywu o zbyt małym powiększeniu związane z dużą liczbą punktów niezmiernych oraz małą gęstością próbkowania poziomego skutkuje uzyskaniem mało wiarygodnych wyników. Rozwiązaniem tego problemu jest możliwość zastosowania pomiaru z wykorzystaniem obiektywu o dużym powiększeniu i funkcji łączenia powierzchni (stichingu). Zastosowanie tej funkcji jest jednak ograniczone mocą obliczeniową komputera ponieważ każdy obszar zawiera 1 048 576 pkt. Pomiar większego obszaru związany jest więc z kilkunastoma milionami punktów oraz niedokładnościami samego łączenia powierzchni, co wpływa na wyniki pomiaru.

Podsumowanie

Przeprowadzone pomiary dowodzą, że istnieje duża grupa materiałów oraz rodzajów obróbki, w wyniku których uzyskuje się znaczącą liczbę punktów niezmiernych

TABLICA I. Wyniki pomiarów

Obiektów	Powierzchnia po cięciu strugą wodno-ścierną	
	Stosunek NMP, %	S_a , mm
×10	76,1	4,577
×20	70,8	4,146
×50	13,3	4,104
	Wartość średnia:	4,275
	Odchylenie standardowe:	0,262
	Współczynnik zmienności, %:	6,1
Obiektów	Powierzchnia po natrysku naddźwiękowym	
	Stosunek NMP, %	S_a , mm
×10	88,3	3,246
×20	65,7	3,137
×50	4,96	2,091
	Wartość średnia:	2,825
	Odchylenie standardowe:	0,638
	Współczynnik zmienności, %:	22,6
Obiektów	Powierzchnia drukowana Poliamid PA12	
	Stosunek NMP, %	S_a , mm
×10	96,5	11,687
×20	85,9	13,478
×50	55,1	10,247
	Wartość średnia:	11,804
	Odchylenie standardowe:	1,619
	Współczynnik zmienności, %:	13,7
Obiektów	Powierzchnia po piaskowaniu	
	Stosunek NMP, %	S_a , mm
×10	60,5	18,831
×20	41,0	9,755
×50	13,8	7,363
	Wartość średnia:	11,983
	Odchylenie standardowe:	6,050
	Współczynnik zmienności, %:	50,5

skutkujących zwiększeniem niepewności pomiarów struktury geometrycznej powierzchni metodą koherentnej interferometrii korelacyjnej. W celu oszacowania, jaki wpływ na obliczone parametry topografii powierzchni ma ilość punktów niezmiernych, będą prowadzone badania na modelach powierzchni.

Publikacja w ramach projektu PBS2 finansowanego z NCBiR (Nr PBS2/A6/20/2013) „Badania i ocena wiarygodności nowoczesnych metod pomiaru topografii powierzchni w skali mikro i nano”.

LITERATURA

- Adamczak S., Świdorski J., Wieczorowski M., Majchrowski R., Miller T., Łętocha A. „Założenia do oceny wiarygodności pomiarów topografii powierzchni w różnych skalach”. *Mechanik*. Nr 3 (2015): s. 81–87.
- PN-EN ISO 25178-6 2011 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) SGP: Przestrzenna – Część 6: Klasyfikacja metod pomiaru struktury geometrycznej powierzchni.
- PN-EN ISO 25178-604:2013-12 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) Struktura geometryczna powierzchni: Przestrzenna – Część 604: Charakterystyki nominalne przyrządów bezstykowych.
- Łukianowicz Cz. (2010) „Use of White Light Scanning Interferometry for Assessment of Surface Topography”. *Measurement Automation and Monitoring*. Vol. 56, No. 9, pp.1055–1058, ISSN 0032-4140.
- Leach R.K., Giusca C.L., Haitjema H., Evans C., Jiang X. “Calibration and verification of areal surface texture measuring instruments”. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 64, Iss. 2 (2015): pp. 545–548.