

Wzorce materialne do kalibracji przyrządów do pomiarów stereometrii powierzchni

Material measures for calibration of instruments for measuring surface texture

JACEK ŚWIDERSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.479

W artykule przedstawiono charakterystyki metrologiczne grupy nowych wzorców materialnych przeznaczonych do kalibracji przyrządów stykowych i optycznych do pomiarów struktury geometrycznej powierzchni.

SŁOWA KLUCZOWE: struktura geometryczna powierzchni, wzorce materialne, wzorce programowane spójność pomiarowa

The article presents the metrological characteristics of the new material measures intended for calibration of optical and contact instruments for measuring of surface texture.

KEYWORDS: surface texture, material measures, software measurement standards metrological traceability

Struktura geometryczna powierzchni odgrywa istotną rolę w funkcjonalności elementów składowych nowoczesnych produktów. Tradycyjnie parametry dotyczące stanu powierzchni wykorzystywane są do monitorowania zmian zachodzących w trakcie procesu produkcji. Do takiej formy kontroli stanu powierzchni wystarczający jest pomiar profilu. Obecnie coraz częściej występuje potrzeba pomiarów struktury geometrycznej powierzchni w trzech wymiarach, aby wpływać na funkcjonalność powierzchni wytwarzanych elementów. Pomiary stereometrii powierzchni dostarczają znacznie więcej informacji i lepsze zobrazowanie mierzonej powierzchni. Dzięki takiej wiedzy mogą być kształtowane właściwości tribologiczne, optyczne, intensywności wymiany ciepła, odporności korozyjnej, przyczepności i wytrzymałości powłok, szczelności połączeń, właściwości areo- i hydrodynamicznych wytwarzanych elementów [1].

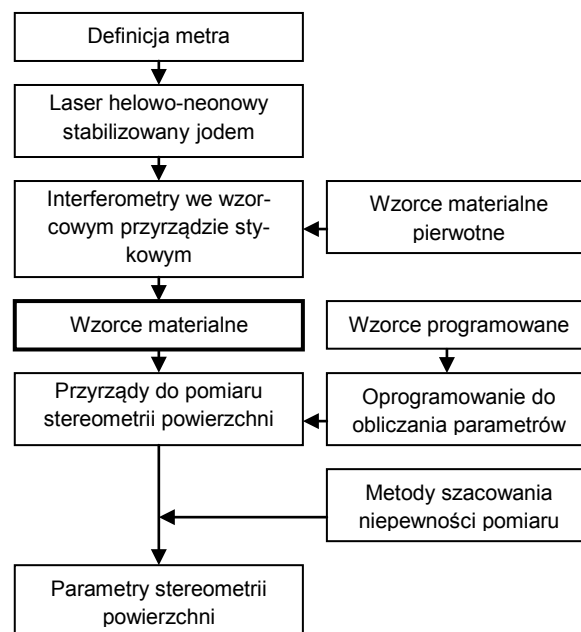
Zapotrzebowanie na pomiary topografii powierzchni spowodowało gwałtowny rozwój nowych metod pomiaru i wykorzystujących te metody przyrządów pomiarowych [2]. Metody topografii przestrzennej tworzą mapę 3D powierzchni, którą można przedstawić matematycznie jako funkcję $z(x,y)$. W rzeczywistości metody topografii przestrzennej są rodzajem pomiarów 2,5D, a nie 3D, ponieważ strome zbocza nierówności nie są mierzone. Liczba punktów niezmiernych uzależniona jest od konstrukcji sondy pomiarowej. Wzrastające zapotrzebowanie na pomiary topografii powierzchni wymusza zmianę podejścia do wzorcowania przyrządów pomiarowych.

Dotychczasowe wzorce materialne stosowane do kalibracji profilometrów stykowych wykorzystywanych do pomiarów profilu są niewystarczające do określenia charakterystyk metrologicznych przyrządów do pomiarów stereometrii powierzchni. Nowa grupa wzorców materialnych zaproponowana w normie PN-EN ISO 25178-70 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Struktura geometryczna powierzchni: Przestrzenna – Część 70: Wzorce materialne ma umożliwić wyznaczenie następujących charakterystyk metrologicznych przyrządów do pomiarów topografii po-

wierzchni: szum pomiarowy, odchyłka płaskości, wzmocnienie, liniowość oraz prostopadłość i rozdzielczość osi poziomych [3].

Spójność pomiarowa pomiarów stereometrii powierzchni

Spójność pomiarowa to właściwość wyniku pomiaru, przy której wynik może być powiązany z odniesieniem (wzorec państwowy lub międzynarodowy jednostki miary) poprzez udokumentowany, nieprzerwany łańcuch wzorcowań, z których każde wnosi swój udział do niepewności pomiaru [4]. Spójność pomiarową charakteryzuje się poprzez sześć podstawowych cech: nieprzerwany łańcuch porównań, niepewność pomiaru, dokumentację, kompetencje personelu, odniesienie do jednostek miary SI oraz odstęp czasu między wzorcowaniami. Podstawowe elementy łańcucha spójności pomiarowej pomiarów struktury geometrycznej powierzchni zostały przedstawione na schemacie (rys. 1).



Rys. 1. Schemat łańcucha spójności pomiarowej pomiarów struktury geometrycznej powierzchni

Przykładem wzorcowego przyrządu stykowego do pomiaru profilu jest wykorzystywany przez NPL (National Physical Laboratory) przyrząd NanoSurf IV umożliwiający pomiar z niepewnością 1,3 nm ($k = 2$). Tylko niewielka liczba NMI (national measurement institutes) ma przyrządy wzorcowe do pomiarów stereometrii powierzchni. Przykładem takiego przyrządu jest zbudowany przez NPL przyrząd o przestrzeni roboczej 8 mm × 8 mm × 0,1 mm i niepewności 1 nm × 10 nm × 1 nm. Przyrząd wyposażony jest w prowadnice XY łożyskowane na łożyskach powietrznych,

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

których ruch monitorowany jest przez interferometry laserowe oraz przetwornik umożliwiający kontrolę siły docisku ostrza odwzorowującego [5].

Ważnymi elementami w łańcuchu spójności pomiarowej są wzorce materialne oraz wzorce programowalne. Wzorce materialne wykorzystywane są do geometrycznej kalibracji przyrządów, natomiast wzorce programowane, składające się z danych odniesienia lub oprogramowania odniesienia, są przeznaczone do odtwarzania ze znaną niepewnością wartości wielkości mierzonej w celu sprawdzenia oprogramowania wykorzystywanego w przyrządach do pomiarów topografii powierzchni do obliczania parametrów powierzchni [6].

Wzorce materialne do kalibracji przyrządów do pomiarów stereometrii powierzchni

Proces kalibracji przyrządów opiera się na wzorcach materialnych. Szeroki zakres wzorców do wzorcowania przyrządów do pomiarów topografii powierzchni przedstawiony jest w normie PN-EN ISO 25178-70. Dokument ten przewiduje 13 typów wzorców materialnych profilu oraz 11 typów wzorców materialnych powierzchni. Katalog wzorców materialnych do kalibracji przyrządów do pomiarów topografii powierzchni zawiera następujące typy wzorców: AGP – rowki prostopadłe; AGC – rowki współosiowe; ASP – półkula; APS – płaszczyzna – kula; ACG – siatka krzyżowa; ACS – siatka sinusoidalna; ARS – sinusoida promieniowa; ASG – rowki w kształcie gwiazdy; AIR – powierzchnia nieregularna; AFL – powierzchnia płaska – szklana płaska płytka; APC – tekstura fotochromatyczna.

Pomimo że norma zawiera szczegółowe informacje na temat dużej liczby wzorców materialnych, nie oznacza to, że należy wszystkie je wykorzystywać do kalibracji przyrządu. Wybór koniecznego zestawu wzorców powinien się opierać na parametrach niezbędnych do pełnej geometrycznej kalibracji przyrządu.

Typowym przykładem dobrego wyboru wzorców do kalibracji przyrządów do pomiarów topografii powierzchni jest proponowany przez NPL zestaw składający się z płaskiego szkła interferencyjnego (AFL), siatki krzyżowej (ACG), rowków w kształcie gwiazdy (ASG) oraz powierzchni nieregularnej (AIR). Taki zestaw kalibracyjny służy do określenia charakterystyk metrologicznych przyrządu oraz jakości pomiarów stereometrii powierzchni.

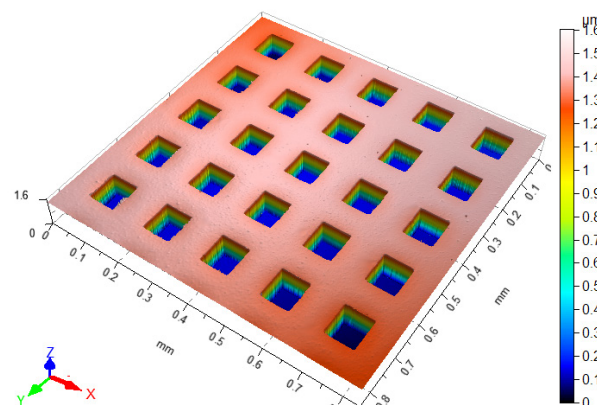
Wzorzec typu AFL w postaci płaskiej płytki szklanej służy do wyznaczania szumu statycznego lub pomiarowego przyrządu oraz odchyłki płaskości powierzchni referencyjnej przyrządu. Na wyniki pomiarów stereometrii powierzchni mogą mieć wpływ różne źródła szumu, takie jak: wewnętrzny szum samego przyrządu (niestabilność układów elektronicznych przyrządu), drgania podłoża, zmiany temperatury otoczenia, drgania generowane przez sam przyrząd (ruch zespołu przesuwu w przyrządach stykowych), ruch powietrza.

Wzorce typu ACG wykorzystywane są do wyznaczania błędów liniowości, współczynnika wzmocnienia i prostopadłości osi X i Y. Składają się z pięciu siatek otworów o przekroju kwadratowym z podziałką 16; 40; 100; 160 i 400 mm. Wzorce ACG występują z otworami o głębokości 0,03; 05; 1,2 i 2,1 mm umożliwiającymi kalibrację osi Z. Obraz izometryczny takiego wzorca został zaprezentowany na rys. 2.

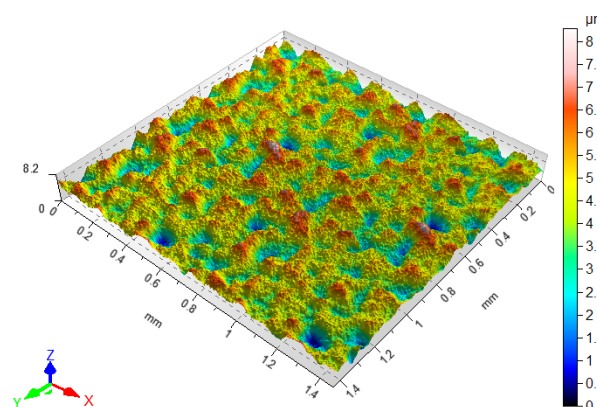
Wzorzec ASG wykorzystywany jest do kalibracji rozdzielczości poziomych osi X i Y przyrządu.

Wzorce typu AIR mają powierzchnię roboczą 1,5 mm × 1,5 mm z pseudolosowym rozkładem wysokości nierówności. Wytwarzane są w wersji o długości odcinka autoko-

relacji 40 nm i 70 nm. Pomiar wzorca pozwala na uzyskanie niezbędnych danych do zbudowania budżetu niepewności pomiaru topografii powierzchni. Obraz izometryczny wzorca typu AIR został zaprezentowany na rys. 3.



Rys. 2. Obraz izometryczny wzorca typu ACG uzyskany za pomocą przyrządu optycznego Talysurf CCI (obiektyw ×20)



Rys. 3. Obraz izometryczny wzorca typu AIR uzyskany za pomocą przyrządu optycznego Talysurf CCI (obiektyw ×10)

Podsumowanie

Wykonanie wiarygodnych pomiarów topografii powierzchni wymaga zastosowania do wzorcowania przyrządów zestawu wzorców nowej generacji w celu oszacowania niepewności pomiarowej i zapewnienia spójności pomiarowej.

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., Świdzki 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) Struktura geometryczna powierzchni: Przestrzenna Część 6: Klasyfikacja metod pomiaru struktury geometrycznej powierzchni.
- PN-EN ISO 25178-70 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Struktura geometryczna powierzchni: Przestrzenna – Część 70: Wzorce materialne.
- PKN-ISO/IEC Guide 99: Międzynarodowy słownik metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne terminy z nimi związane (VIM).
- 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.
- PN-EN ISO 25178-71 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Struktura geometryczna powierzchni: Przestrzenna – Część 71: Wzorce programowane.