

Barbara SMERECZYŃSKA, Monika MIKO, Anna OKRASA
GŁÓWNY URZĄD MIAR, ZAKŁAD DŁUGOŚCI I KĄTA

Porównania międzynarodowe jako główny element monitorowania miarodajności wzorcowań wykonywanych w GUM na przykładzie pomiarów chropowatości powierzchni

Mgr inż. Barbara SMERECZYŃSKA

Ukończyła studia na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej Politechniki Warszawskiej w roku 1970 i od tego czasu pracuje w Głównym Urzędzie Miar. Jest kierownikiem Laboratorium Geometrii Powierzchni w Zakładzie Długości i Kąta. Zajmuje się problematyką pomiarów chropowatości powierzchni i błędów kształtu oraz ogólnymi zagadnieniami pomiarów długości, a ostatnio – problematyką zachowania spójności pomiarowej w zakresie nanometrologii. Uczestniczy w pracach komitetów normalizacyjnych.



e-mail: length@gum.gov.pl

Mgr inż. Monika MIKO

Absolwentka Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej (specjalność przyrządy pomiarowe). Od ukończenia studiów w 2001 r. pracuje w Laboratorium Geometrii Powierzchni w Zakładzie Długości i Kąta Głównego Urzędu Miar. Zajmuje się problematyką pomiarów chropowatości powierzchni i błędów kształtu.



e-mail: mikomonika@o2.pl

Mgr inż. Anna OKRASA

Studia ukończyła w roku 1979 na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej Politechniki Warszawskiej (specjalność urzędzenia i aparatura precyzyjna). Od roku 1999 pracuje w Laboratorium Geometrii Powierzchni w Zakładzie Długości i Kąta Głównego Urzędu Miar. Zajmuje się problematyką pomiarów chropowatości powierzchni i błędów kształtu.



e-mail: length@gum.gov.pl

Streszczenie

Laboratorium wzorcujące powinno mieć określone procedury sterowania jakością w celu monitorowania miarodajności podejmowanych wzorcowań. Powinny one pozwalać na śledzenie kierunku zmian uzyskiwanych danych, aby nie dopuścić do podawania nieprawidłowych wyników pomiarów w razie przekroczenia ustalonych wcześniej kryteriów. W przypadku Głównego Urzędu Miar (GUM) głównym elementem tego monitorowania są porównania międzynarodowe. Opisano dwa porównania, w których uczestniczył GUM, dzięki którym wprowadzono szereg działań doskonalących w dziedzinie pomiarów chropowatości powierzchni.

Słowa kluczowe: porównanie międzynarodowe, wzorcowanie, struktura powierzchni, chropowatość, wzorzec wysokości schodka, wzorzec chropowatości.

The international comparisons as main element of monitoring the validity of calibrations undertaken in GUM on example of surface roughness measurements

Abstract

Calibration laboratory should have determined quality control procedures for monitoring the validity of undertaken calibrations, which allow following direction of changes of got data, in order to prevent giving incorrect results of measurements, when they are found to be outside pre-defined criteria. In case of Central Office of Measures (GUM) the international comparison is a main element of this monitoring. Two comparisons (Nano2 and Euromet 600) have been described, in which GUM participated. These comparisons have given rise to carry out of series improving activities in field of surface roughness measurements.

Keywords: international comparison, calibration, surface texture, roughness, step height standard, roughness standard.

1. Wprowadzenie

Warunkiem uzyskania akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji (PCA) przez laboratorium zajmujące się wzorcowaniem

przyrządów pomiarowych jest spełnienie przez to laboratorium wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 [1]. Akredytacja nie ogranicza się jednak tylko do jednorazowego potwierdzenia kompetencji technicznych, ale wymaga stałego zapewnienia jakości wyników wzorcowania. Zgodnie z punktem 5.9 tej normy laboratorium powinno mieć procedury sterowania jakością w celu monitorowania miarodajności podejmowanych wzorcowań, pozwalającego na śledzenie kierunku zmian uzyskiwanych danych i na niedopuszczenie do podawania nieprawidłowych wyników pomiarów w razie przekroczenia ustalonych wcześniej kryteriów. Jednym ze sposobów monitorowania miarodajności wzorcowań są porównania międzynarodowe, które zwłaszcza w przypadku krajowej instytucji metrologicznej (NMI), a taką jest Główny Urząd Miar, stanowią główny element tego monitorowania. Ustalone międzynarodowe reguły i kryteria porównań powodują, że NMI biorące udział w porównaniach organizowanych np. przez Euromet (Europejska Współpraca w Dziedzinie Wzorców Jednostek Miar) lub BIPM (Międzynarodowe Biuro Miar) potwierdzają swoje kompetencje w wybranej dziedzinie pomiarowej. Wyniki porównań międzynarodowych wykorzystywane są również do analizowania zmian uzyskiwanych wyników wzorcowania i ich przyczyn.

W roku 2005 Laboratorium Geometrii Powierzchni Zakładu Długości Kąta GUM uzyskało akredytację PCA jako laboratorium wzorcujące, m. in. w zakresie wzorców chropowatości powierzchni. Usługi wzorcowania wzorców chropowatości oferowane są również przez GUM na forum międzynarodowym jako usługi CMCs (Calibration and Measurement Capabilities) [2] w ramach porozumienia CIPM MRA o wzajemnym uznawaniu państwowych wzorców jednostek miar oraz świadectw wzorcowania i świadectw pomiarów wydawanych przez krajowe instytucje metrologiczne, sformułowanego przez Międzynarodowy Komitet Miar CIPM. Potwierdzeniem możliwości pomiarowych usług podawanych w CMCs jest przede wszystkim udział w porównaniach międzynarodowych.

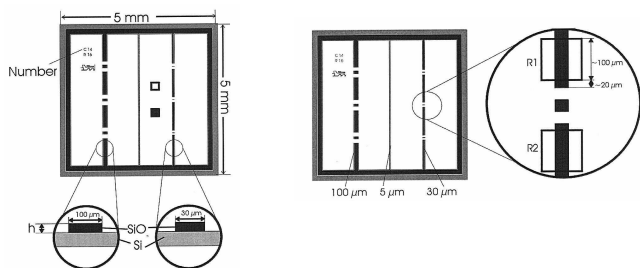
Ostatnio Laboratorium brało udział w dwóch porównaniach w zakresie pomiarów struktury geometrycznej powierzchni, tj. Nano2 i Euromet 600. Po zakończeniu obu porównań (po otrzymaniu raportu końcowego) Laboratorium dokonało analizy swoich wyników pomiarów wzorców w odniesieniu do wyników pomiarów innych krajów. Następnie wnioski z analiz posłużyły do podjęcia przez Laboratorium szeregu działań zapobiegawczych i doskonalących.

2. Porównanie Nano2

W porównaniu międzynarodowym Nano2 (2000 ÷ 2003) obejmującym wzorce wysokości schodka w zakresie nanometrycznym (<1 μm) uczestniczyło 14 instytucji metrologicznych, w tym 9 instytucji z krajów europejskich (m.in. z Polski, Niemiec, Włoch,

Wielkiej Brytanii itd.) oraz z Tajwanu, Chin, Korei, Japonii i USA. Laboratorium pilotującym porównanie było Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB, Niemcy).

Do porównania zastosowano 5 wzorców o nominalnych wysokościach schodków h : 7 nm, 20 nm, 70 nm, 300 nm i 800 nm (schemat takiego wzorca przedstawiono na rys. 1), które wykonał Instytut Mikrostruktury Fraunhofera ze Stuttgartu. Uczestnicy porównania, jeszcze przed jego rozpoczęciem, otrzymali nieodpłatnie podobny komplet wzorców dla własnego użytku. Chodziło o to, aby każdy uczestnik podczas międzynarodowych porównań stosował takie metody i warunki, jak przy wzorcowaniu własnych wzorców.



Rys. 1. Wzorec wysokości schodka użyty do porównania Nano2 (ang. number – numer)

Fig. 1. Step height standard used for the comparison Nano2

Ustalono, że wzorce wysokości schodka powinny być wykonane z takiego materiału i mieć takie wymiary, aby spełniały wymagania stawiane przez różne metody pomiaru, np. z zastosowaniem przyrządów stykowych (ST), mikroskopów interferencyjnych (IM) lub innych przyrządów optycznych, jak również skaningowych mikroskopów ze skanującą sondą (SPM). Przy takim założeniu uczestnicy porównania mogli dowolnie wybrać jedną lub kilka metod preferowanych przez siebie i je zastosować.

Schodki tworzyła warstwa dwutlenku krzemu o wysokości h , naniesiona w postaci trzech przerywanych linii o szerokości 5 µm, 30 µm i 100 µm. Te krzemowe występy, dodatkowo pokryte warstwą chromu, przyklejone były do stalowej podstawy o średnicy 12 mm. Ustalono, że pomiary zostaną wykonane dla linii o szerokości 30 µm w rejonie R1, pokazanym na rys. 1. Pomiar wzorców o wysokości schodków: 7 nm i 300 nm nie był obowiązkowy.

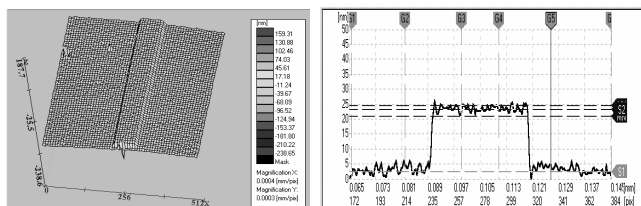
Wysokość schodka h , która powinna być wyznaczona w co najmniej pięciu przekrojach schodka, została zdefiniowana zgodnie ISO 5436-1 [4], chociaż z pewnymi modyfikacjami, ze względu na wymagania stawiane przez SPM. Oprócz podania wartości wysokości schodka każdy uczestnik wyznaczył złożoną niepewność standardową u_c pomiaru, liczbę stopni swobody ν_{eff} oraz niepewność rozszerzoną U dla współczynnika pokrycia $k = 2$.

W GUM wyznaczono wysokości schodków: 20 nm, 70 nm i 800 nm metodą interferencyjną jako średnie wartości dla 11 przekrojów każdego schodka. Do pomiarów zastosowano mikrointerferometr Linnika z kamerą CCD i komputerową analizą prążków interferencyjnych, wykorzystującą metodę czasowej dyskretnej zmiany fazy [5]. Zastosowano światło zielone o długości fali $\lambda = 536,6$ nm. Całkowitą liczbę prążków wzorca o nominalnej wysokości 800 nm określono przy zastosowaniu światła białego. Kontrolnie wykonano też zapis profilu schodka tego wzorca za pomocą profilometru stykowego i wyznaczono przybliżoną jego wysokość. Przykładowy obraz schodka o wysokości $h = 20$ nm i jego przekrój przedstawiono na rysunku 2.

Dla każdego schodka pilot porównania [3] obliczył wartość odniesienia h_{ref} jako średnią ważoną wszystkich pomiarów h_i i związaną z nią niepewność standardową $u(h_{ref})$ oraz niepewność rozszerzoną $U(h_{ref}; k = 2)$. Ponadto określono stopień równoważności wyników pomiarów $En(h_i)$ według wzoru (1):

$$En(h_i) = \frac{h_i - h_{ref}}{\sqrt{U^2(h_i) + U^2(h_{ref})}} \quad (1)$$

Wynik pomiaru uzyskany w i -tym laboratorium jest uznawany za równoważny, tzn. wynik pomiaru jest zgodny z wartością odniesienia, gdy spełniony jest warunek $|En| \leq 1$. Przy obliczaniu wartości odniesienia tego porównania tylko 4 zestawy wyników pomiarów, spośród wszystkich 90 pomiarów, nie spełniły kryterium En i zostały usunięte z porównania. Ostatecznie, wyznaczając wartości En nie brano pod uwagę tych czterech wyników pomiarów.



Rys. 2. Obraz mierzonego schodka o wysokości $h = 20$ nm i jego przekrój (GUM)
Fig. 2. Image of measured step about height $h = 20$ nm and section of this step (GUM)

Wartości wysokości schodków wyznaczone przez laboratorium GUM w ramach porównania Nano2 i uzyskane wartości współczynnika En były następujące:

- $h_{GUM} = 20,7$ nm, $u_c = 2,4$ nm, $U = 4,8$ nm dla $k = 2$, $En = 0,00$,
 - $h_{GUM} = 68,1$ nm, $u_c = 2,5$ nm, $U = 5,0$ nm dla $k = 2$, $En = 0,11$,
 - $h_{GUM} = 773,7$ nm, $u_c = 3,6$ nm, $U = 7,2$ nm dla $k = 2$, $En = 0,65$
- i wobec tego udział GUM w porównaniu Nano2 oceniony został pozytywnie.

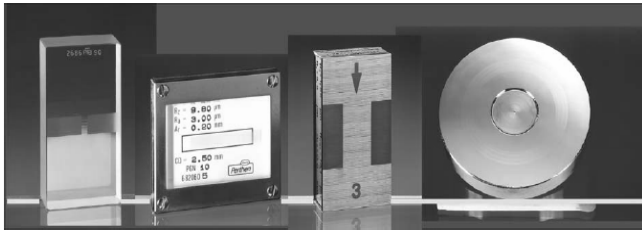
3. Porównanie Euromet 600

Porównanie międzynarodowe Euromet 600 (2001 ÷ 2004) w zakresie pomiarów struktury powierzchni zaplanowano w Pradze w roku 1999 na spotkaniu korespondentów Grupy Długości EUROMET jako uzupełniające, ponieważ ostatnie porównanie w tym zakresie zakończono w roku 1989. W porównaniu, ostatecznie nazwanym EUROMET.L-S11 [6], uczestniczyło 16 instytucji, a pilotowały je – Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB, Niemcy) i Centre for Geometrical Metrology (CGM, Dania).

Do porównania wybrano wzorce chropowatości (rys. 3), zgodnie z normą ISO 5436-1, dla których należało wyznaczyć wymienione poniżej parametry, zdefiniowane w normie ISO 4287 i DIN 4768 oraz w normie ISO 13565-2:

- Pt i D dla 3 nierówności wzorcowych wzorca głębokości nierówności typu A2,
- Ra , Rz , $Rmax$ i RSm dla 3 tzw. wzorców geometrycznych (z regularnym zarysem, zwanych inaczej wzorcami odstepu) typu C3,
- Ra , Rz , $Rmax$, Rk , Rpk , Rvk , $Mr1$ i $Mr2$ dla 3 wzorców chropowatości typu D1,
- Ra , Rz , $Rmax$, Rk , Rpk , Rvk , $Mr1$ i $Mr2$ dla 1 wzorca chropowatości typu D2.

Ponadto w ramach tego porównania planowane było przeprowadzenie sprawdzenia oprogramowania zastosowanego przez uczestników do wyznaczenia wartości parametrów chropowatości, polegające na wyznaczeniu 13 parametrów chropowatości dla 3 tzw. wzorców software'owych (wg normy ISO 5436-2 [4]). GUM nie uczestniczył w tej części porównania, podobnie jak wielu innych uczestników, którzy nie mieli możliwości odczytania plików o rozszerzeniu „smd”, zawierających zapis profili chropowatości.



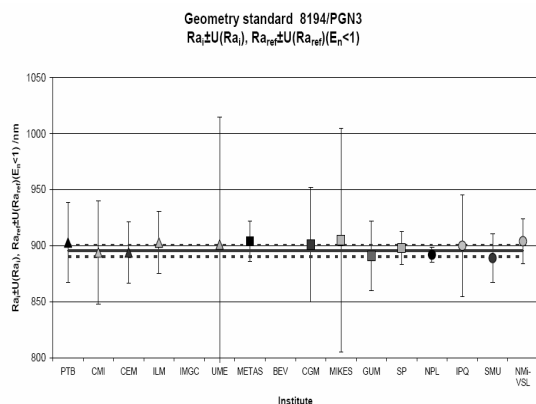
Rys. 3. Wzorce chropowości użyte do porównania (od lewej): typu A2, C3, D1 oraz D2

Fig. 3. Typical set of roughness standards (from left): type A2, C3, D1 and D2

Porównanie dopuszczało różne techniki pomiarowe. Wymagano jednak, aby bardzo dokładnie je opisano (przyrząd, zasada działania, zastosowane oprogramowanie itp.) wraz z podaniem spójności pomiarowej. Większość uczestników porównania zastosowała profilometry stykowe, a także mikroskopy interferencyjne. Zastosowanie podobnych przyrządów pomiarowych szczególnie było istotne podczas analizowania uzyskanych wyników pomiarów i ich niepewności.

Laboratorium GUM zastosowało profilometr Form Talysurf firmy Taylor Hobson, wyposażony w czujnik indukcyjny i 120 mm urządzenie do przesuwu głowicy pomiarowej. Zastosowano promień ostrza odwzorowującego $r = 2 \mu\text{m}$, a rozdzielczość pionowa wynosiła 0,64 nm w zakresie pomiarowym 0,04 mm. Profilometr był wzorcowany (wprowadzono korekcję wzmocnienia) przy użyciu półkuli o znanym promieniu – około 12,5 mm. Jednak do pomiarów parametrów wzorców struktury geometrycznej powierzchni przyrządów każdorazowo wzorcowano przy użyciu wzorców głębokości nierówności typu A1, odniesionych do wzorców PTB, i wyznaczano wartość współczynnika korekcyjnego C , który następnie uwzględniano w ostatecznych wynikach pomiarów.

Piloci porównania podczas wyznaczenia wartości odniesienia odrzucili tylko ok. 13 % wyników spośród 612 pomiarów. Najlepsze zgodności uzyskano dla parametru Ra (zestawienie wyników pomiaru parametru Ra wzorca typu C3 podano na rys. 4).



Rys. 4. Zestawienie wyników pomiaru parametru Ra uzyskanych przez instytuty [6]

Fig. 4. Plot of the Ra values for the institutes [6]

Problemy powstały przy wyznaczeniu wartości odniesienia dla parametrów Pt , R_{max} , R_{pk} i R_{Sm} . Kilka wartości tych parametrów uzyskane przez GUM dla wzorców typu D też nie spełniało warunku $En \leq 1$. Wiele instytucji miało problemy z wyznaczeniem wartości parametru Pt i D wzorców głębokości nierówności typu A2. Aż prawie 30 % instytucji uzyskało wartości współczynnika En większe od 1 (w tym GUM dla 2 wartości parametru D).

Te problemy wiązały się przede wszystkim z „niedoszacowaniem” lub „przeszacowaniem” niepewności. Wyznaczano wartości średnie ważone, a czasami wydawało się, że lepszym odniesieniem byłyby średnie arytmetyczne. Zgodność wyników wzorcowania jest szczególnie istotna w przypadku wzorców głębokości

nierówności typu A, które służą do wzorcowania składowej pionowej profilu przyrządów stykowych. Prawidłowe wywzorcowanie tej składowej ma wpływ na wartości wszystkich amplitudowych i mieszanych parametrów chropowości, mierzonych za pomocą profilometru. Z tego właśnie powodu PTB po zakończeniu porównania zorganizowało specjalne warsztaty, podczas których zapoznano wszystkich uczestników porównania m. in. ze sposobem wyznaczania niepewności pomiaru parametru D i Pt wzorców typu A, stosowanym w tym laboratorium. Niektóre instytucje, także GUM, miały możliwość wcześniej zapoznać się z tą metodą (opisaną w dokumencie DKD [7]) i bazować na niej podczas opracowywania swoich wyników pomiarów. Trzeba tu podkreślić, że wszyscy uczestnicy zgodnie deklarowali, iż przy obliczaniu niepewności pomiaru opierali się przede wszystkim na wytycznych podanych w Przewodniku „Wyrażanie niepewności pomiaru”. Jednak mimo zastosowania jednakowych zasad przy obliczaniu niepewności i zastosowaniu praktycznie takich samych przyrządów pomiarowych, wartości niepewności otrzymane przez różne instytucje znacznie się różniły między sobą. Potwierdzeniem tego mogą być wartości niepewności pomiaru parametru Ra wzorca typu C3, powszechnie używanego w praktyce pomiarowej, dla którego wszyscy uczestnicy spełnili wymagane kryterium En . Uzyskane niepewności dla tego wzorca mieściły się w granicach od 7 nm (National Physical Laboratory NPL – Anglia) do 114 nm (Ulusal Metroloji Enstitüsü UME – Turcja). Wartości referencyjne dla tej nierówności wzorcowej wynosiły: $Ra_{ref} = 898,5$ nm i $U_{ref} = 5,2$ nm. Rozpiętość niepewności pomiarów tego parametru, wykonanych podobnymi przyrządami stykowymi, była od $U_{SP} = 14$ nm (Swedish National Testing and Research Institute SP – Szwecja) do $U_{MIKES} = 100$ nm (Mittatekniikan keskus MIKES – Finlandia). GUM dla tego parametru podał wartość $U_{GUM} = 31$ nm.

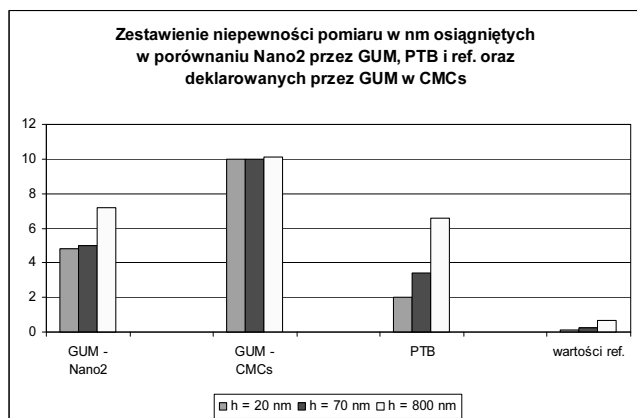
4. Analiza wyników pomiarów uzyskanych przez GUM w odniesieniu do wyników innych krajów i podjęcie działań doskonalących

Otrzymane raporty z porównań zawierały wyznaczone wartości referencyjne i niepewności dla każdego porównywanego wzorca i parametru oraz wyniki pomiarów poszczególnych instytucji metrologicznych biorących udział w tych porównaniach (wraz z opisem metody i sposobu wyznaczania niepewności pomiaru). Laboratorium Geometrii Powierzchni GUM przeprowadziło analizę swoich wyników pomiarów w odniesieniu do tych wartości referencyjnych i wyników innych krajów. W ich oparciu powstało kilka prac.

W pracy, wykonanej po zakończeniu porównania Nano2, analizowano składowe niepewności pomiarów wzorców schodkowych, które GUM przyjął dla pomiaru za pomocą zautomatyzowanego mikrointerferometru MII-4, a także zmienione wartości składowych, wyznaczone dla tego przyrządu po jego naprawie i regulacji. Odniesiono te niepewności do niepewności, które uzyskali inni uczestnicy porównania Nano2. Stwierdzono, że w większości przypadków niepewności wyznaczone przez GUM są znacznie większe niż niepewności obliczone przez pozostałych uczestników. Należy tu podać, że GUM w tabeli CMCs zadeklarował jeszcze większe niepewności niż w tym porównaniu (zgodnie z wzorem $U = \sqrt{10^2 + (2d)^2}$ w nm, d w μm). Zestawienie niepewności GUM – osiągniętych w porównaniu Nano2 i zadeklarowanych w tabeli CMCs, niepewności podanych przez PTB oraz niepewności referencyjnych dla trzech schodków wzorcowych podano na rys. 5.

W metodzie czasowej dyskretnej zmiany fazy, zastosowanej do pomiaru schodków, największy wpływ na ostateczną wartość złożonej niepewności ma składowa związana z nieliniowością zbierania obrazów. Gdyby można było ją zmniejszyć, wówczas złożona niepewność pomiaru znacznie by zmalała. Wartość tej składowej została przyjęta jako równa 2,3 nm ze względu na to, że w czasie porównania dokonywano ręcznego zbierania obrazów

interferencyjnych spowodowana przez uszkodzenie obiektywu. Trzeba było go wymienić i następnie wyregulować przyrząd. Krótki czas przewidziany na pomiary nie pozwolił jednak dokonać regulacji automatycznego przesuwника fazy (bazującego na silniku krokowym) i stąd powstała konieczność ręcznego zbierania obrazów. Dopiero po porównaniu zdecydowano, aby zmodernizować przyrząd poprzez zastosowanie piezoceramiki do zbierania obrazów interferencyjnych, co powinno zwiększyć dokładność pomiarów. Choć z rys. 5 wynika, że niepewności pomiaru schodków osiągnięte przez GUM w porównaniu Nano2 (mimo "ręcznego przesuwu fazy") są mniejsze niż niepewności zaoferowane w CMCs, to nie wprowadzono korekty w tym zakresie do tabel CMCs aż do momentu zastosowania i zbadania zmodernizowanego przesuwника fazy.



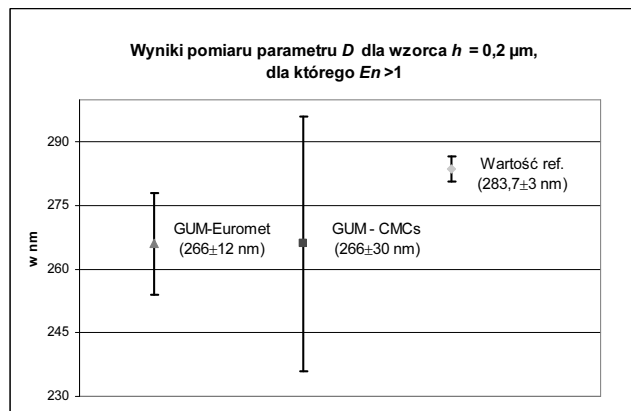
Rys. 5. Wartości niepewności pomiarów GUM, PTB i wartości ref. porównania Nano2 oraz deklarowane przez GUM w CMCs

Fig. 5. Values of measurement uncertainty of GUM, PTB and Nano2 reference values and declared by GUM in CMCs

Porównanie Euromet 600 stało się podstawą do podjęcia przez GUM kolejnych dwóch prac. Celem pierwszej z nich było określenie poziomu pomiarów chropowatości GUM, szczególnie w stosunku do oferty podanej w tabelach CMCs. Zestawiono wartości parametrów chropowatości wraz z niepewnościami i arytmetycznych) oraz do niepewności oferowanych w CMCs. Porównano także wartości współczynników En uzyskane przez GUM i pozostałych uczestników Euromet 600, co posłużyło do znalezienia przyczyn niespełnienia kryterium En . 10 wyników pomiarów otrzymanych przez GUM (2 wartości parametru D wzorców typu A2 oraz 3 wartości parametru R_{max} i 5 wartości parametrów z rodziny R_k wzorców typu D) spośród wszystkich 50 wyników nie spełniło kryterium En . Wyniki pomiarów parametru D wzorców typu A2 są niezadowalające z powodu metody graficznej ich wyznaczenia. Aby w przyszłości uniknąć podobnych problemów, postanowiono zakupić program TalyProfile pozwalający na matematyczne wyznaczenie wartości parametru D . Następnym krokiem była symulacja wyników pomiarów uzyskanych w porównaniu Euromet 600 z przyjęciem niepewności podanych w CMCs. Poniższy rysunek 6 pokazuje, jak wypadłby wynik pomiaru parametru D uzyskany przez GUM ($En = 1,38$), gdyby zamiast niepewności liczonej konkretnie do tego porównania – przyjąć nieco większą niepewność oferowaną w tabelach CMCs. W takim przypadku wartość współczynnika byłaby $En = 0,58$.

Jak wcześniej wspomniano, w przypadku wzorców typu D, dla niektórych parametrów (8 wartości) nie spełniono kryterium En . Są to parametry: R_{max} (wg normy DIN4768) oraz R_k , R_{pk} , R_{vk} , $Mr1$ i $Mr2$ (wg normy ISO 13565-2), które dotychczas GUM sporadycznie wyznaczał z powodu braku zapotrzebowania ze strony klientów. Natomiast cieszy fakt, że dla wszystkich parametrów wzorców typu C spełniono kryterium En tym bardziej, że są to wzorce najczęściej stosowane w praktyce pomiarowej. Dzięki porównaniu Euromet 600 GUM znalazł się wśród 6 z 16 instytu-

cji, które potwierdziły swoje kompetencje na arenie międzynarodowej w tym zakresie.

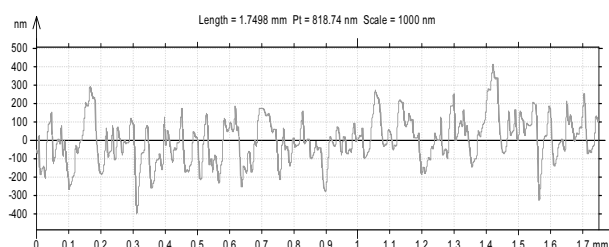


Rys. 6. Wyniki pomiaru parametru D uzyskane przez GUM (dwie niepewności – Euromet 600 i CMCs) i wartość referencyjna

Fig. 6. Measurement results of parameter D obtained by GUM (two uncertainties – Euromet 600 and CMCs) and reference value

Celem drugiej pracy było sprawdzenie zakupionego programu TalyProfile (firmy DigitalSurf), który służy do obliczeń wartości parametrów struktury geometrycznej powierzchni i odczytuje też pliki wzorców software'owych z rozszerzeniem „.smd”. Sprawdzenie to było możliwe dzięki archiwizacji przez GUM plików zarejestrowanych podczas porównania Euromet 600.

Skoncentrowano się na sprawdzeniu przydatności programu do wyznaczania wartości parametru D wzorców typu A1 (stosowanych w GUM do wzorcowania własnego przyrządu) oraz A2 (będących przedmiotem porównania), a także do wyznaczania wartości parametrów chropowatości wzorców software'owych (rys. 7). Dla tych wzorców w Raporcie z porównania Euromet 600 podano wartości parametrów wyznaczone przez PTB, potwierdzone certyfikatem.



Rys. 7. Wzorec software'owy typu D zastosowany w Euromet 600

Fig. 7. Software standard of type D used in Euromet 600

Stwierdzono, że program TalyProfile spełnia stawiane mu wymagania tylko w zakresie wyznaczania parametru D (głębokości nierówności lub wysokości schodka) wzorców typu A1 (z płaskim dnem nierówności). Wartości tego parametru nie odbiegają od wartości otrzymanych za pomocą programu Form Talysurf, który poprzez porównanie Euromet 600 uznano jako program wzorcowy i zwalidowany w zakresie większości parametrów. Natomiast zastosowanie programu TalyProfile do innych parametrów chropowatości prowadzi do błędów, ponieważ program zaniża wartości parametrów w stosunku do wartości obliczonych z pomocą programu Form Talysurf. Potwierdzają to również wyniki badań prowadzone przy użyciu wzorców software'owych. Gdyby GUM zastosował program TalyProfile w porównaniu Euromet 600, to nie spełniłby kryterium En dla większej liczby parametrów, niż to miało miejsce przy zastosowaniu programu Form Talysurf. Spostreżenia te są bardzo niepokojące, gdyż stawiają pod znakiem pytańia możliwość wykorzystania programu TalyProfile do pomiarów chropowatości wzorców.

5. Podsumowanie

Główny Urząd Miar, dzięki uczestniczeniu w porównaniach międzynarodowych, może na najwyższym poziomie potwierdzić swoje kompetencje w zakresie prowadzonych wzorcowań. Porównania międzynarodowe są również, jak to przedstawiono na przykładach z dziedziny pomiarów chropowatości powierzchni, głównym elementem monitorowania miarodajności tych wzorcowań. Pozwalają one, w zależności od podejmowanych działań zapobiegawczych lub doskonalących, śledzić kierunki zmian uzyskiwanych danych w odniesieniu do wartości referencyjnych i nie dopuścić do podawania nieprawidłowych wyników pomiarów.

6. Literatura

- [1] Norma PN-EN ISO/IEC 17025:2005: Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
 [2] BIPM KCDB Web site: <http://kcdb.bipm.fr/bipm-kcdb/>.

- [3] L. Koenders: Step height standards. Report WGDM-7 Preliminary Comparison on Nanometrology Nano2, Aug. 26, 2003.
 [4] Norma PN-EN ISO 5436-1:2002 oraz 5436-2:2003: Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Struktura geometryczna powierzchni: metoda profilowa; wzorce – Część 1. Wzorce materialne, Część 2. Wzorce programowane.
 [5] B.Smereczyńska, L.Sałbut: Linnik's microinterferometer with a computer analysis of interference fringes for calibration of roughness standards. 1st International Conference Euspen (Brema), 1999.
 [6] L. Koenders, J.L.Andreasen, L. De Chiffre: Surface texture. Report EUROMET Supplementary Comparison, Project No. 600, 2004.
 [7] Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für Rauheitsmesstechnik. Blatt 1 – Kalibrieren von Normalen für Rauheitsmesstechnik. Richtlinie Deutscher Kalibrierdienst DKD-R 4-Z, 2003.

Artykuł recenzowany

INFORMACJE

Studia Podyplomowe

Wydział Elektryczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki ogłasza nabór na Dwusemestralne Zaoczne Studia Podyplomowe

Systemy Pomiarowe i Sterowniki Programowalne (SPSP)

Cel Studiów

Celem studiów jest przekazanie wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych w zakresie: projektowania, wdrażania i utrzymania ruchu systemów automatyki, programowania sterowników PLC oraz systemów nadrzędnych (SCADA), projektowania, programowania i eksploatacji automatycznych systemów pomiarowych w laboratoriach badawczych i przemysłowych, metod opracowania danych w systemach zapewnienia jakości procesów przemysłowych.

Profil uczestnika studiów

Studia przeznaczone są dla pracowników o różnych specjalnościach, z wyższym wykształceniem o kierunku elektrycznym, elektronicznym, informatycznym lub pokrewnym, zajmujących się organizacją pomiarów w laboratoriach badawczych i przemysłowych lub eksploatacją oraz modernizacją systemów starowania. Ich ukończenie pozwoli uczestnikom na podwyższenie kwalifikacji niezbędnych do sprawnego opracowywania i wdrażania nowoczesnych systemów. Absolwent Studiów otrzymuje Świadectwo Ukończenia Studiów Podyplomowych w zakresie objętym nazwą studiów.

Studia prowadzone są na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, w systemie zaocznym w każdą sobotę lub w co drugi weekend (do wyboru) przez dwa semestry. Zajęcia prowadzone są przez nauczycieli akademickich ze stopniem co najmniej doktora oraz przez zaproszonych Gości o uznanym dorobku i autorytecie. Studia obejmują 200 godzin dydaktycznych. Rozpoczęcie Studiów nastąpi po skompletowaniu odpowiedniej liczby kandydatów na dany rodzaj studiów.

Warunki przyjęcia na studia:

1. Na studia mogą być przyjęte osoby posiadające dyplom magistra lub inżyniera, posiadające podstawową wiedzę z zakresu wybranych studiów.
2. Warunkiem uruchomienia studiów jest przyjęcie odpowiedniej liczby Kandydatów na podstawie złożonych dokumentów.
3. Dokumenty składane przez Kandydatów:
 - Kwestionariusz Osobowy – Karta Zgłoszenia (do pobrania ze strony internetowej). Przyjmowane na bieżąco: e-mailem, pocztą lub osobiście.
 - Kopia/odpis dyplomu ukończenia studiów wyższych.
4. Kandydaci odbywają rozmowę kwalifikacyjną. Termin ustalony i podany zostanie po skompletowaniu odpowiedniej liczby Kandydatów.
5. Po spełnieniu warunków Kandydaci wnoszą opłatę zgodnie z zawartą umową w wysokości 3 800 złotych za cały okres studiów.

Organizator studiów:

Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 10, tel. 032 237 12 41, fax: 032 237 20 34, e-mail: re2@polsl.pl lub agnieszka.skorkowska@polsl.pl, <http://imeia.elekt.polsl.pl>

Kierownik studiów:

Prof. dr hab. inż. Tadeusz SKUBIS