

Modernizacja przesuwu karetki pomiarowej na stanowisku komparatora interferencyjnego do wzorcowania wzorców kreskowych

Piotr Sosinowski (Zakład Długości i Kąta, GUM)

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów wraz ze sposobem wyznaczenia błędów geometrycznych stolika powietrznego i ich wpływ na niepewność pomiaru wzorców kreskowych.

Wstęp

Wzorce kreskowe są ważnymi materialnymi wzorcami długości, używanymi do dokładnego pozycjonowania lub pomiarów w jednym, dwóch i trzech wymiarach [1]. Pełnią istotną rolę w zapewnieniu spójności pomiarów wykonywanych za pomocą przyrządów takich, jak: mikroskopy uniwersalne, projektory pomiarowe, maszyny długościowe, lupy pomiarowe. Wykonuje się je także poprzez coraz powszechniej stosowane systemy wizyjne do pomiaru długości. Rosnące potrzeby na wzorcowanie tego rodzaju przyrządów oraz konieczność zapewnienia realizacji usług na odpowiednim poziomie wymagają utrzymywania i ciągłej modernizacji jedyne w kraju stanowiska pomiarowego do wzorcowania wzorców kreskowych.

Dokładność wzorcowania w dużej mierze zależy od dokładności realizacji ruchu karetki pomiarowej z zamocowanym na niej wzorcem kreskowym zarówno względem układu wizyjnego, jak i interferometru laserowego, stanowiącego wzorzec odniesienia. Na dokładność przesuwu negatywny wpływ ma szereg czynników, które powodują, że wartość zmierzona różni się od wartości prawdziwej. Do czynników tych należy niedokładność wykonania oraz zużycie elementów przeniesienia napędu, takich, jak układ śruba-nakrętka czy też zużycie prowadnic. Dzięki zastąpieniu przesuwu mechanicznego precyzyjnym przesuwem pneumatycznym [2, 3], uzyskano znacznie mniejszą niepewność wzorcowania wzorców kreskowych.

Artykuł ma na celu zaprezentowanie zmodernizowanego stanowiska umożliwiającego wzorcowanie wzorców



Komparator interferencyjny do wzorcowania wzorców kreskowych

fort. arch. GUM

kreskowych oraz wskazanie wpływu błędów nieprostoliniowości przesuwu karetki pomiarowej na wyniki pomiarów i ich niepewność.

Budowa stanowiska pomiarowego

Na zdjęciu przedstawiono komparator interferencyjny do wzorcowania wzorców kreskowych. Stanowisko znajduje się w pomieszczeniu laboratoryjnym o kontrolowanej temperaturze otoczenia w granicach $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ i jest ustawione na specjalnej, odizolowanej od drgań podłożu, płycie oraz osłonięte obudową zabezpieczającą przed ruchami powietrza. Ponadto główne źródła ciepła umieszczone zostały poza obudową stanowiska.

Podstawą stanowiska jest masywne łożo maszyny długościowej, na którym przesuwa się zdalnie sterowana karetką pomiarowa z zamontowanym na niej stolikiem pomiarowym, mierzonym wzorcem kreskowym i optyką interferometru laserowego. Kolumna pionowa służy do zamocowania i ustawienia mikroskopu z kamerą CCD, poprzez które obraz kresek wzorca jest przekazywany na ekran monitora. Wzorcem odniesienia jest laser He-Ne interferometru HP-5528A z urządzeniem odczytowym, kompletem trzech czujników temperatury materiału i zespołem kompensacji długości fali w powietrzu [4, 5].

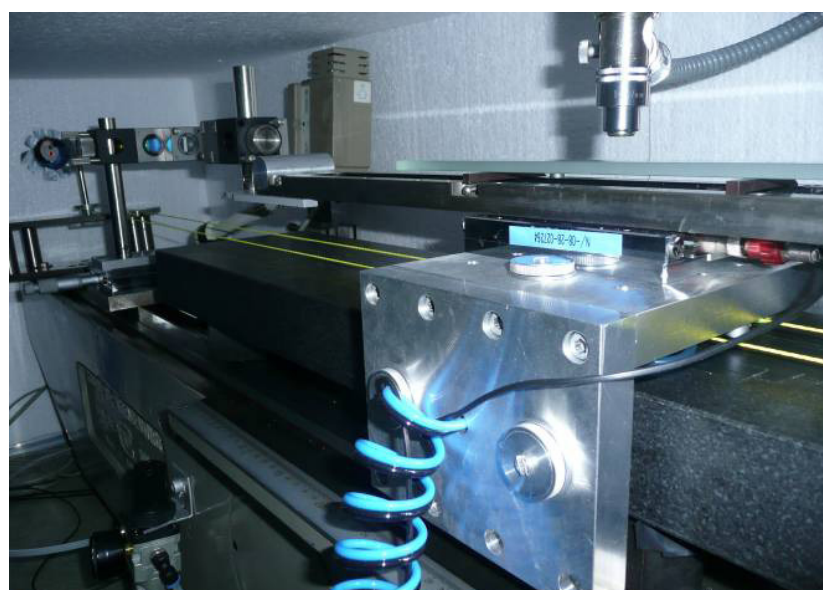
Stolik pomiarowy, przedstawiony na zdjęciu poniżej, stanowi liniał granitowy prosty o wymiarach (1000 x 160 x 50) mm, jako prowadnica, ustawiona na odpowiednich podporach, po której, dzięki zastosowaniu

poduszek powietrznych zasilanych sprężonym powietrzem, przesuwa się korpus stolika. Przesunięcie stolika powietrznego realizowane jest przez napęd ciągnowy, który stanowi naprężona linka napędzana przez silnik krokowy z przekładnią planetarną.

W budowie stolika powietrznego wykorzystano zasadę działania łożysk powietrznych, która polega na zrównoważeniu siły ciężkości przesuwanego korpusu stolika przez siłę wywołaną ciśnieniem powietrza, działającym na powierzchnię nośną łożyska. Sprężone powietrze, przez wlot i wykonany w łożysku powietrznym otwór, dostarczane jest pod powierzchnię nośną łożyska i powierzchnię oporową, tworząc ciekłą warstwę, zwaną filmem powietrznym, o grubości od kilku do kilkudziesięciu mikrometrów, nie dopuszczając do bezpośredniego kontaktu tych powierzchni. Następuje wówczas zanik sił tarcia pomiędzy łożyskiem powietrznym a liniałem granitowym, co umożliwia łatwe przesuwanie korpusu stolika.

Grubość filmu powietrznego nakłada wysokie wymagania dotyczące powierzchni oporowej, której chropowatość i falistość muszą być mniejsze od jego grubości. W przypadku błędów kształtu prowadnicy większych od grubości filmu powietrznego następuje mechaniczny styk i pojawia się siła tarcia, a w przypadku wgłębień powietrze nimi szybko wypływa, powodując spadek ciśnienia i utratę nośności.

Korpus stolika powietrznego wykonany jest w formie ceownika z aluminium, w którym wykonano nagwintowane otwory, umożliwiające montaż poduszek powietrznych. W zastosowanym rozwiązaniu wykorzystano 6 po-



Widok ogólny stolika powietrznego z napędem ciągnowym

fot. arch. GUM

duszek powietrznych: trzy przesuwają się po powierzchni górnej i trzy po ścianach bocznych prowadnicy granitowej. Takie rozmieszczenie ułatwia wypoziomowanie korpusu stolika względem prowadnicy.

Przeniesienie napędu z silnika krokowego realizowane jest za pomocą przekładni cięgnowej, którą stanowi specjalna linka kevlarowa, zamocowana do górnej płyty korpusu stolika powietrznego, opasująca dwa, przeciwległe zamocowane koła. Z silnika krokowego, sterowanego z komputera poprzez port USB, moment obrotowy przekazywany jest na planetarną przekładnię redukcyjną z kołem napędowym, a następnie zamieniany na siłę ciągnącą korpus stolika powietrznego po prowadnicy granitowej.

Wnioski

W artykule przedstawiono modernizację stanowiska pomiarowego do wzorcowania wzorców kreskowych polegającą na zaprojektowaniu i wykonaniu stolika powietrznego, zbudowanego z prowadnicy granitowej i łożysk powietrznych, napędzanego przez silnik krokowy. Potrzeba takiej modernizacji wyniknęła po analizie raportu z porównań międzynarodowych EUROMET.L-K7 [14], dotyczących wzorcowania wzorców kreskowych, w których Laboratorium Długości uczestniczyło w 2007 r. Przegląd opisu stanowisk pomiarowych wykorzystywanych przez wiodące europejskie NMIs potwierdził konieczność zastąpienia dotychczas stosowanego przesuwu mechanicznego precyzyjnym przesuwem pneumatycznym, w celu uzyskania znacznie mniejszej niepewności wzorcowania wzorców kreskowych. Zastosowanie łożysk powietrznych, charakteryzujących się precyzją, bardzo niskim współczynnikiem tarcia, dobrą sztywnością i niezwykle dużą żywotnością, pozwoliło na zwiększenie odporności na wibracje, umożliwiło przesunięcie karetki pomiarowej przy użyciu minimalnej siły napędowej, a przede wszystkim znacznie zmniejszyło odchylenie od prostoliniowości. Konstrukcja umożliwiła zmniejszenie pochylenia kąтового stolika powietrznego w płaszczyźnie poziomej i pionowej prawie 10-krotnie, do wartości 1,2 arc sec, a tym samym zmniejszenie niepewności związanej z błędami

Abbego [9] i cosinusowym [10-13], spowodowanymi kątowym pochyleniem karetki pomiarowej względem interferometru laserowego oraz mikroskopu z kamerą CCD.

Literatura

- [1] Koops R., Mares A., Nieuwenkamp J.: *A new standard for line-scale calibrations in the Netherlands*. Mikroniek nr 4, 2010.
- [2] Sawabe M., Maeda F., Yamaryo Y., Simomura T., Saruki Y., Kubo T., Sakai H. and Aoyagi S.: *A new vacuum interferometric comparator for calibrating the fine linear encoders and scales*, *Precis. Eng.* Vol. 28, 320-328, 2004.
- [3] *Air bearing application and design guide*, New Way Precision, 2003.
- [4] HP 5528A – *Laser Measurement System-User's Guide*.
- [5] Bönsch G., Potulski E.: *Measurement of the refractive index of air and comparison with modified Edlen's formulae*. *Metrologia*, vol. 35, 133-139.
- [6] PN-EN ISO/IEC 17025: 2005, *Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących*.
- [7] *Wyrażanie niepewności pomiaru*. Przewodnik. GUM, 1999 r.
- [8] Sosinowski P.: *Źródła niepewności przy wzorcowaniu wzorców kreskowych na komparatorze interferencyjnym*. *Metrologia – Biuletyn GUM*, 2011.
- [9] Koning R., Flugge J., Bosse H.: *A method for the in situ determination of Abbe errors and their correction*. *Measurement Science and Technology*, vol. 18, 2007.
- [10] Jakstas A., Kausinis S., Barauskas R., Kasparaitis A., Barakauskas A.: *Investigation of dynamics-induced errors of long line scale calibration systems*, *Measurement* 44, 976-987, 2011.
- [11] Köning R., Flüggé J., Bosse H.: *Achievement of sub nanometer reproducibility in line scale measurements with the Nanometer Comparator*, *Proc. SPIE*, vol. 6518, 65183F, 2007.
- [12] Baldwin R. R., Truhe L. E., Woodruff D. C.: *Laser optical components for machine tool and other calibrations*, *H-P Journal*, 1983.
- [13] Lassila A.: *MIKES fibre-coupled differential dynamic line scale interferometer*, *Measurement Science and Technology*, vol. 23, 2012.
- [14] Final Report EUROMET.L-K7 – Key Comparison: *Calibration of line scales*, *Metrologia* 49 (Tech. Suppl.).