

# Ocena wartości wymiaru przedmiotu obrabionego w ujęciu wolumetrycznym

## Assessment of the volumetric errors of the workpiece

IZABELA WIERUCKA  
ANNA ZAWADA-TOMKIEWICZ \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.513

W artykule zaprezentowano metrologiczne wykorzystanie systemu wizyjnego do pomiaru wielkości geometrycznych zarysów gwintów zewnętrznych metrycznych M8×1 z oceną wartości wymiaru w ujęciu wolumetrycznym.

**SŁOWA KLUCZOWE:** metrologia optyczna, wytwarzanie części maszyn, ocena wolumetryczna

*The paper presents the usability of machine vision in the measurement of geometrical quantities of the external metric threads M8×1 with assessment of the volumetric errors of the workpiece.*

**KEYWORDS:** optical metrology, production of machines, volumetric errors of the workpiece

Wykonanie wyrobu zgodnie z założoną tolerancją to podstawowe wymaganie jakościowe współczesnego przemysłu. Warunkiem tego jest nie tylko nowoczesna technologia wytwarzania, ale dostosowane do niej systemy metrologiczne gwarantujące zapewnienie zgodności wyrobu z jego geometryczną specyfikacją. Do celów oceny przydatności wyrobu konieczne jest przeprowadzenie pomiaru z uwzględnieniem wymaganych tolerancji dla konkretnych wymiarów i odchyłek geometrycznych [1, 2].

Procesy wytwarzania powodują odchyłki od powierzchni nominalnej. Dlatego też wytworzone powierzchnie poddawane są kontroli dokładności w celu weryfikacji zgodności ze specyfikacją. Często pomiary odnosi się do powierzchni swobodnych, których kształt nie jest opisany prostymi równaniami matematycznymi (jak dla powierzchni regularnych). Projektowanie, wytwarzanie i pomiary przedmiotów zawierających powierzchnie swobodne są możliwe jedynie w zintegrowanych systemach wytwarzania, w środowisku CAD. Wówczas kształt powierzchni jest definiowany przez zbiór punktów kontrolnych [4].

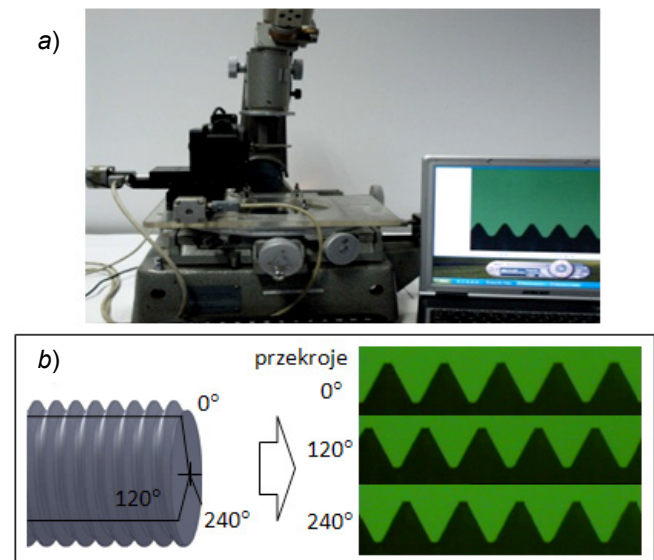
Zarówno gwinty zewnętrzne, jak i wewnętrzne toleruje się w głąb materiału, przyjmując za linię zerową zarys nominalny gwintu. Jedynie średnice gwintu są tolerowane bezpośrednio. Tolerancji podziałki i kąta boku w śrubach ogólnego przeznaczenia nie ustala się bezpośrednio, ale rzeczywisty zarys gwintu powinien mieścić się w polu tolerancji na założonej długości skręcenia. W gwintach zewnętrznych tolerowane są średnice  $d_2$  i  $d$ , natomiast w gwintach wewnętrznych  $D_2$  i  $D_1$  [2, 3].

W metrologii kształt powierzchni decyduje o doborze techniki jej pomiaru. Metrologiczne wykorzystanie systemów wizyjnych do pomiaru wielkości geometrycznych wyrobów umożliwia przeprowadzanie pomiaru w sposób bezstykowy, w szerokim zakresie pomiarowym i w stosunkowo krótkim czasie. W prezentowanym artykule zastosowano mikroskopowy system pomiarowy przeznaczony

do pomiaru zarysów gwintów zewnętrznych. Taki system może być wykorzystany do pomiarów między operacjami i zabiegami technologicznymi oraz do kontroli wymiarów po zakończeniu procesu obróbki. Umożliwia on przeprowadzanie pomiaru z wykorzystaniem danych przestrzennych 3D, czyli ocenę wartości wymiaru przedmiotu obrabionego w ujęciu wolumetrycznym.

### Optyczny system pomiarowy

Do pomiarów zastosowano mikroskopowy system pomiarowy opracowany w oparciu o kamerę cyfrową, obiektyw, układ oświetleniowy, komputer z kartą akwizycji obrazu oraz oprogramowanie do cyfrowego przetwarzania obrazu, identyfikacji i pomiarów wybranych parametrów wymiarowo-kształtowych [5, 6]. Do pozycjonowania części użyto układu XYO firmy COBRABID-OPTICA ze stożkiem Morse'a do mocowania śruby, z napędem za pomocą silników krokowych, sterowanego kartą sterującą SK-200/SK-300 (rys. 1a).



Rys. 1. Mikroskopowy system pomiarowy: a) ogólny widok systemu wizyjnego, b) graficzna wizualizacja śruby M8×1 i zarysów gwintu mierzonych co 15° w 25 przekrojach śruby

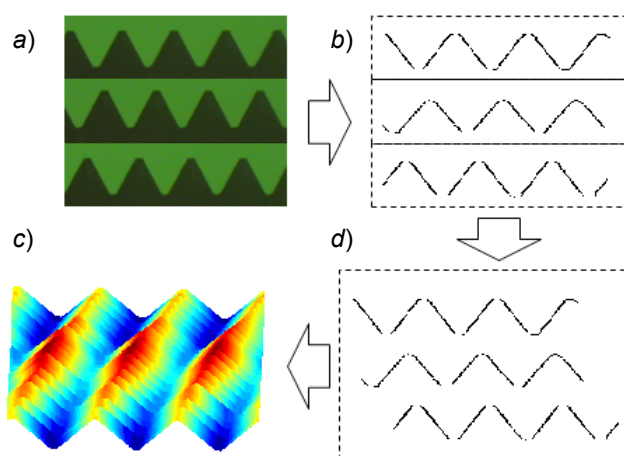
Mikroskopowy system pomiarowy posłużył do wykonania pomiarów zarysów śruby M8×1 z gwintem walcowym, trójkątnym (rys. 1b). Śrubę wykonano ze stali 35SG poddanej procesowi ulepszenia cieplnego do twardości 30 HRC. Gwinty zewnętrzne wykonano w tolerancji 6h [7].

### Doświadczenia i ocena wolumetryczna

Stosowany obiektyw zapewniał wymagane powiększenie i obserwację do pięciu zwojów gwintu M8×1. Pomiary

\* Prof. nadzw. dr hab. inż. Anna Zawada-Tomkiewicz (anna.zawada-tomkiewicz@tu.koszalin.pl), mgr inż. Izabela Wierucka (izabela.wierucka@tu.koszalin.pl) – Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej

wykonywano w 25 przekrojach śruby (24 pomiary zasadnicze + 1 pomiar kontrolny), co  $15^\circ$ , w każdym przekroju śruby na wszystkich pięciu zwojach gwintu M8×1. Pomiary przeprowadzono przy nachyleniu głowicy w pozycji  $0^\circ$ . Warunki odtwarzalności zostały zagwarantowane poprzez zastosowanie takich samych ustawień oświetlenia. Na dokładność pozycjonowania elementu mierzonego miały wpływ stoliki napędzane silnikami krokowymi. Skalowanie układu wykonywano w dwóch prostopadłych względem siebie kierunkach. Uzyskane obrazy zarysów gwintu stanowiły podstawę do wolumetrycznej oceny gwintu. Obliczeń dokonano z wykorzystaniem oprogramowania w środowisku Matlab. Na podstawie obrazów zarysów gwintu wyznaczono współrzędne  $(x, y, z)$  położenia punktów w przestrzeni, zestawionych w postaci danych „surowych” pomiaru gwintu (rys. 2).



Rys. 2. Metodyka wyznaczania odchyłek kształtu w ujęciu wolumetrycznym

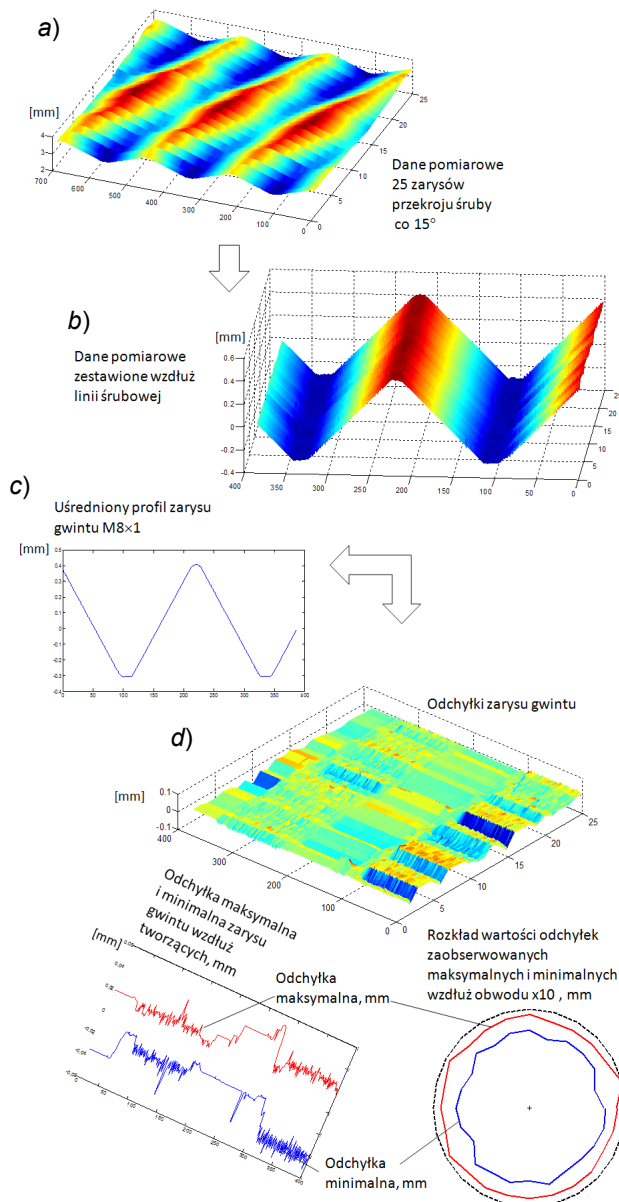
Na rys. 3 zestawiono metodykę wyznaczania odchyłek kształtu na podstawie zmierzonych danych „surowych”. Dane były zbierane co  $15^\circ$  w 25 różnych przekrojach śruby, które były przesunięte wzdłuż linii śrubowej gwintu. Uwzględniając przesunięcie, dokonano zestawienia wysokości zarysu wzdłuż linii śrubowej (rys. 3b). Dla tych danych wyznaczono średnią wartość zarysu (rys. 3c) oraz odchyłkę od wartości średniej (rys. 3d). Rozkład wartości odchyłek wartości maksymalnych i minimalnych zestawiono wzdłuż tworzących i wzdłuż obwodu. Średnia wartość odchyłki wskazuje na to, że średnica zewnętrzna wałka została wykonana w zadanej tolerancji. Średnia odchyłka wynosi  $62 \mu\text{m}$  w głąb materiału.

Analizując rozkład odchyłek zarysu gwintu na rys. 3d stwierdzono, że rozkład wzdłuż tworzących nie jest jednokowy, lecz ulega zmianie w zależności od oświetlenia danego fragmentu gwintu, dla którego realizowany był pomiar optyczny. Charakterystyczny dla systemów optycznych problem z wyznaczeniem krawędzi utrudnia prawidłowe wyznaczenie współrzędnych  $(x, y, z)$  położenia punktów w przestrzeni. Stąd widoczna jest silna zależność układu projektor–detektor, czyli oświetlenia krawędzi gwintu i kąta nachylenia głowicy pomiarowej do linii zarysu gwintu.

## Podsumowanie

Pojedynczy pomiar jest obarczony dużym błędem, dlatego też podjęto próbę oceny gwintu w wielu przekrojach wzdłuż obwodu oraz zestawienia rozkładu odchyłek w funkcji kąta obrotu śruby. Jak wykazały badania, rozkład odchyłek wzdłuż obwodu jest w miarę równomierny. Największy wpływ na rozkład odchyłek zarysu gwintu zaobserwowanych wzdłuż tworzących miało nierównomierne oświetlenie krawędzi gwintu.

Przedstawiona metoda wolumetrycznej oceny gwintu umożliwia objętościowe spojrzenie na cały gwint. W przypadku pasowania z nakrętką wykonaną w założonej tolerancji ocena wolumetryczna potwierdziła wykonanie gwintu w zadanej tolerancji na całym obwodzie.



Rys. 3. Metodyka wyznaczania odchyłek kształtu w ujęciu wolumetrycznym

## LITERATURA

- Adamczak S. „Pomiary geometryczne powierzchni. Zarysy kształtu, falistość i chropowatość”. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
- Humienny Z. (red.) i in. „Specyfikacje Geometrii Wyrobów (GPS). Podręcznik europejski”. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004.
- Malinowski J., Jakubiec W., Płowucha W. „Pomiary gwintów w budowie maszyn”. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
- Poniatowska M. „Pomiary współrzędnościowe i analiza odchyłek geometrycznych powierzchni swobodnych”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2012.
- Wierucka I., Zawada-Tomkiewicz A., Łukianowicz Cz. „Ocena przydatności wybranych optycznych systemów pomiarowych w procesie wytwarzania i eksploatacji części maszyn”. *Mechanik*. Nr 7 (2013): s. 538/529–543.
- Zawada-Tomkiewicz A., Wierucka I. „Metody zapewnienia jakości technologicznej na przykładzie gwintu”. *Mechanik*. Nr 8–9 (2015): s. 727/515–523, DOI: 10.17814/mechanik.2015-8-9.463.
- PN-ISO 965-2:2001: Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia. Tolerancje. Część 2: Wymiary graniczne gwintów zewnętrznych i wewnętrznych ogólnego przeznaczenia. Klasa średniokładna. ■