

Zastosowanie tomografii komputerowej do pomiaru odchyłek okrągłości

Application of computed tomography for measuring of roundness

BARTOSZ GAPIŃSKI
MICHAŁ WIECZOROWSKI
KAROL GROCHALSKI
KATARZYNA PETA*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.12.197>
English version available on: www.mechanik.media.pl

Oczekiwania klientów w zakresie jakości wyrobów nieustannie rosną. W związku z tym niewystarczająca jest kontrola samych wymiarów, a konieczne jest sprawdzanie odchyłek kształtu czy chropowatości. Znaczna większość wykonywanych obecnie pomiarów jest realizowana z wykorzystaniem urządzeń współrzędnościowych. Pomiarowa tomografia komputerowa jest najnowszą grupą współrzędnościowej techniki pomiarowej i wiele zagadnień z zakresu jej dokładności czy możliwości aplikacji jest ciągle otwartych. Przedstawiono wyniki badań elementów o różnych wartościach i postaciach odchyłki okrągłości. Elementy zostały zbadane na przyrządzie specjalizowanym do pomiaru odchyłek kształtu oraz na tomografie komputerowej. W przypadku tomografu użyto różnych strategii pomiarowych w celu weryfikacji jego obszaru zastosowania. Pomiar odchyłek kształtu na tomografie pozwala na weryfikację jakości wykonania elementów o trudno dostępnych przestrzeniach, ale również na kompleksową ocenę geometryczną, np. części wykonanych z tworzywa sztucznego i mierzonych tylko na tomografie.

SŁOWA KLUCZOWE: tomografia komputerowa, odchyłki kształtu, współrzędnościowa technika pomiarowa, dokładność pomiaru

Customer expectations in terms of products quality are constantly growing. Therefore, to control only dimensions is not enough; it is necessary to check also the form deviation or roughness. The vast majority of measurement nowadays is carried out by different coordinate measuring devices. Measuring computed tomography is the newest field of coordinate measuring technique, which makes many aspects of its accuracy and possible applications still open. The paper presents the measurement results of elements with different values of roundness deviations. Examined samples were checked on a formtester and computed tomography. For CT measurement, different strategies to verify the influence on received results were used. The ability to measure form deviations on CT allows to verify the quality of hard to reach part areas, but also a comprehensive assessment of geometry, e.g. parts made of plastic and measured on CT.

KEYWORDS: computed tomography, form deviation, coordinate measuring technique, measurement accuracy

Odchyłki okrągłości należą do najczęściej kontrolowanych odchyłek kształtu. Ich postać wpływa bezpośrednio na możliwość i dokładność połączenia oraz współpracę elementów. Nadzór nad ich postacią może być realizowany różnymi metodami odniesieniowymi i bezodniesieniowymi, a ich dobór zależy od wymaganej niepewności pomiaru [1, 2].

* Dr inż. Bartosz Gapiński (bartosz.gapinski@put.poznan.pl), prof. dr hab. inż. Michał Wieczorowski (michal.wieczorowski@put.poznan.pl), mgr inż. Karol Grochalski (karol.p.grochalski@doctorate.put.poznan.pl), mgr inż. Katarzyna Peta (katarzyna.peta@put.poznan.pl) – Instytut Technologii Mechanicznej, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej

Tomografia komputerowa

W ostatnich latach pojawiła się nowa grupa urządzeń – tomografy komputerowe. Możliwości ich wykorzystania są bardzo szerokie, również w zakresie metrologii wielkości geometrycznych.

Wynikiem pomiaru na tomografie jest szereg zdjęć rentgenowskich badanego obiektu wykonanych z różnych położeń względem wspólnej osi obrotu. Obraz przestrzenny mierzonego obiektu uzyskuje się w wyniku rekonstrukcji komputerowej [3–5]. Zawiera on informacje zarówno na temat powierzchni ograniczających element, jak i o jego strukturze wewnętrznej, czyli porowatości, strukturze włókien czy grubości ścianek.

Tomografia komputerowa (CT) jest znana w medycynie od lat siedemdziesiątych XX w. Jednak dopiero urządzenia zaproponowane ok. 2005 r. pozwalają na uzyskanie dokładności adekwatnej do wymagań wobec części w obszarze budowy maszyn [6, 7].

Badany obiekt

Badaniu poddano tuleję aluminiową o średnicy zewnętrznej $\varnothing 80$ mm i wewnętrznej $\varnothing 74$ mm. Tuleja została specjalnie zmodyfikowana, by otrzymać różne postaci i wartości odchyłki okrągłości w różnych przekrojach.



Rys. 1. Okrągłościomierz Jenoptik Hommel Roundscan 535 z mierzoną tuleją (laboratorium ZMiSP)



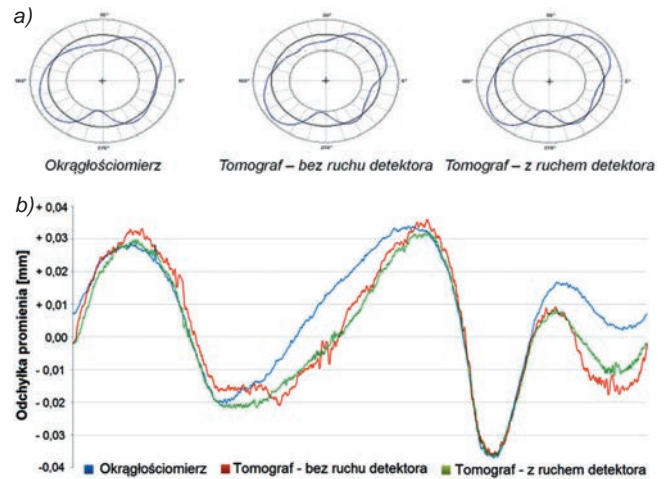
Rys. 2. Tuleja podczas pomiaru na tomografie GE Phoenix v|tome|x s240: a) pojedyncze położenie detektora – obiekt oddalony od źródła promieniowania, b) ruch detektora zapewniający dwukrotnie większe powiększenie obrazu – obiekt bliżej lampy rentgenowskiej

Badania wykonano na przyrządzie referencyjnym do pomiaru odchyłek kształtu Jenoptik Hommel Roundscan 535 (rys. 1) oraz na tomografie komputerowym GE Phoenix v|tome|x s240 (rys. 2). Dla tomografu zastosowano dwie strategie pomiarowe – z pojedynczym i podwójnym zakresem pomiarowym. W pierwszym przypadku (rys. 2a) detektor w trakcie pomiaru jest nieruchomy. Pozwoliło to na uzyskanie powiększenia $2,3\times$ przy wielkości voxela $87,5\ \mu\text{m}$. W drugim przypadku (rys. 2b) skorzystano z możliwości dwukrotnego powiększenia zakresu pomiarowego poprzez ruch detektora w trakcie pomiaru. Pozwala to na uzyskanie obrazu o dwukrotnie większym powiększeniu ($4,6\times$) oraz dwukrotnie mniejszego voxela o rozmiarze $43\ \mu\text{m}$.

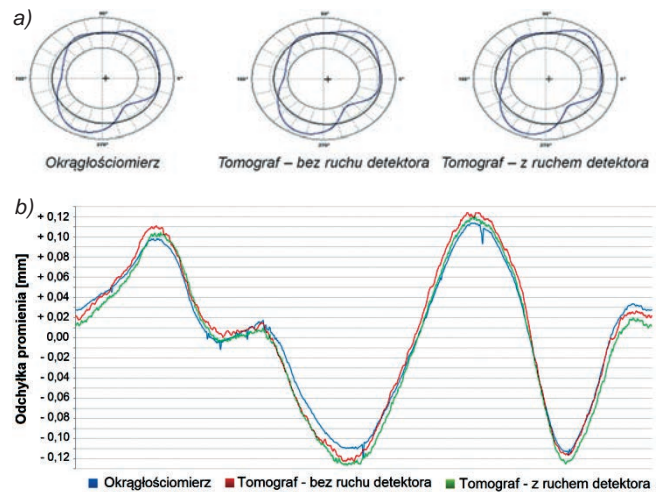
Wyniki badań

Badania i ocenę wartości odchyłki okrągłości przeprowadzono w trzech przekrojach tulei, tj. 10, 40 oraz 80 mm, umieszczonych od czoła tulei. W każdym przypadku analizowano profil niezależnie dla zarysu zewnętrznego i wewnętrznego.

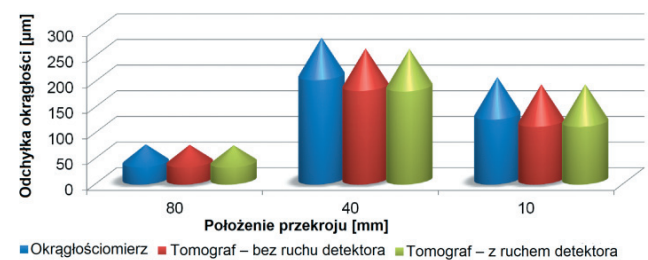
Na rys. 3 przedstawiono przykładowe wyniki dla przekroju zewnętrznego, a na rys. 4 – dla wewnętrznego, zlokalizowanych 80 mm od czoła tulei. Obrazy



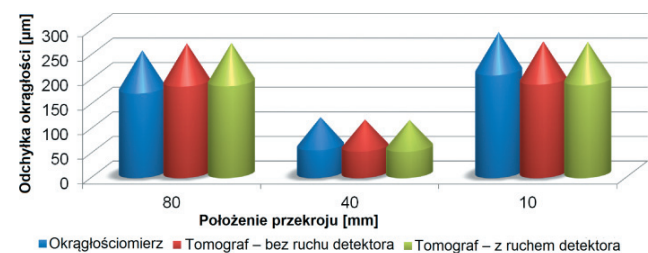
Rys. 3. Wyniki zewnętrznego zarysu tulei dla przekroju 80 mm od czoła: a) zarys odchyłki okrągłości dla trzech metod pomiarowych, b) złożenie zmierzonych profili przedstawione jako odchyłka promienia w funkcji kąta obrotu



Rys. 4. Wyniki wewnętrznego zarysu tulei dla przekroju 80 mm od czoła: a) zarys odchyłki okrągłości dla trzech metod pomiarowych, b) złożenie zmierzonych profili przedstawione jako odchyłka promienia w funkcji kąta obrotu



Rys. 5. Odchyłka okrągłości przekrojów zewnętrznych otrzymana w wyniku pomiaru na przyrządzie do pomiaru okrągłości oraz tomografie komputerowym



Rys. 6. Odchyłka okrągłości przekrojów wewnętrznych otrzymana w wyniku pomiaru na przyrządzie do pomiaru okrągłości oraz tomografie komputerowym

poszczególnych przekrojów oraz złożenie uzyskanych profili wskazują na ich znaczną korelację. W obu przypadkach różnice pomiędzy profilami nie przekraczają 10 μm dla wszystkich trzech metod pomiarowych.

Na rys. 5 oraz 6 przedstawiono wyniki zbiorcze dla zewnętrznych i wewnętrznych zarysów zmierzonych w trzech przekrojach. Widać różnice w uzyskanych wartościach, jednak nie przekraczają one 5% wartości odchyłki dla rozpatrywanego zarysu. Jak wspomniano, tuleja aluminiowa została zmodyfikowana do celów badawczych. Jest to przyczyną znacznych różnic wartości i postaci odchyłki okrągłości w poszczególnych przekrojach oraz profilach wewnętrznych i zewnętrznych.

Wnioski

Przedstawiono możliwości zastosowania tomografu komputerowego do oceny odchyłki okrągłości. Porównując wartości przedstawione na rys. 3 oraz 4, można zauważyć, że różnice pomiędzy wartościami uzyskanymi na okrągłościomierzu i CT są podobne co do wartości. Dlatego w przypadku przekroju zewnętrznego (rys. 3) są znacznie bardziej widoczne niż dla przekroju wewnętrznego, gdyż odnoszą się do trzykrotnie większych odchyłek zarysu.

Ze względu na niepewność pomiaru nadal przyrządy specjalizowane są znacznie dokładniejsze. Jednak tomografy komputerowe pozwalają na uzyskanie wielu informacji w trakcie jednego pomiaru, m.in. na pomiar odchyłek kształtu powierzchni niedostępnych w zamkniętym otworze.

Prezentowane wyniki badań, zrealizowane w ramach tematu nr 02/22/DSPB/1387, zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

LITERATURA

1. Adamczak S. „Pomiary geometryczne powierzchni”. Warszawa: WNT, 2008.
2. Ratajczyk E., Woźniak A. „Współrzędnościowe systemy pomiarowe”. Warszawa: WPW, 2016.
3. Kruth J.-P., Bartscher M., Carmignato S., Schmitt R., De Chiffre L., Weckenmann A. “Computed tomography for dimensional metrology”. *CIRP Annals*. 61, 2 (2011).
4. Ratajczyk E. „Tomografia komputerowa CT w zastosowaniach przemysłowych. Cz. I. Idea pomiarów, główne zespoły i ich funkcje”. *Mechanik*. 2 (2011): s. 111–117.
5. Ratajczyk E. „Tomografia komputerowa CT w zastosowaniach przemysłowych”. *Mechanik*. 2 (2011): s. 112–117; 3 (2011): s. 226–231; 4 (2011): s. 326–331.
6. Gapiński B., Wieczorowski M., Grzelka M., Arroyo Alonso P., Bermúdez Tomé A. “The application of micro computed tomography to assess quality of parts manufactured by means of rapid prototyping”. *Polimery*. 62 (2017): s. 53–59.
7. Maszybrocka J., Stwora A., Gapiński B., Skrabalak G., Karolus M. “Morphology and surface topography of Ti6Al4V lattice structure fabricated by selective laser sintering”. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*. 65, 1 (2017): s. 85–92. ■