

Zasady dobrej praktyki dla pomiarów chropowatości powierzchni po bardzo dokładnym toczeniu

The principles of good practice for the measurement of surface roughness after a very accurate turning

JACEK ŚWIDERSKI
TOMASZ DOBROWOLSKI*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.287

Przedstawiono wybrane zasady dobrej praktyki pomiarowej związane z pomiarami chropowatości powierzchni z wykorzystaniem profilometru stykowego elementów po bardzo dokładnym toczeniu. Stosowanie tych zasad ma zapewnić uzyskanie wiarygodnych wyników pomiarów.

SŁOWA KLUCZOWE: toczenie, struktura geometryczna powierzchni, wiarygodność pomiaru, niepewność pomiaru

Presented are the principles of good practice measurements of surface texture elements at a very precise turning using a stylus instruments in order to obtain reliable results.

KEYWORDS: turning, surface texture, measurement reliability, uncertainty of measurement

Toczenie jest jedną z najczęściej stosowanych operacji obróbki ubytkowej. Zwykle jest to obróbka końcowa i uzyskany w jej wyniku stan powierzchni elementu nie podlega już innym procesom.

Na chropowatość powierzchni po toczeniu wpływają czynniki związane z obrabiarką, przedmiotem obrabianym oraz narzędziem skrawającym. Do najważniejszych należą: własności mechaniczne skrawanego materiału, parametry skrawania (posuw, prędkość skrawania, głębokość skrawania), geometria ostrza narzędzia, zużycie ostrza, występowania narostu, właściwości cieczy smarująco-chłodzącej, statyczna i dynamiczna sztywność układu obrabiarka–przedmiot–narzędzie.

Do monitorowania zmian zachodzących w trakcie produkcji niezbędne są pomiary stanu powierzchni wytwarzanych elementów. W takiej formie kontroli wystarczający jest pomiar profilu. Obecnie coraz częściej wykorzystywane są pomiary struktury geometrycznej powierzchni w trzech wymiarach, dające pełniejszy obraz. Do tego typu pomiarów wykorzystywane są nowe metody, których gwałtowny rozwój nastąpił w ostatnich latach [1, 3].

W poszczególnych metodach pomiarowych można zidentyfikować wiele źródeł błędów, których skutkiem jest niepewność pomiaru. Zapewnienie wiarygodnych wyników pomiarów struktury geometrycznej powierzchni związane jest z przestrzeganiem zasad dobrej praktyki pomiarowej opartych na znajomości potencjalnych źródeł błędów w celu minimalizacji ich skutków, a tym samym zmniejszenia niepewności pomiaru [2].

Źródła błędów w pomiarach stykowych struktury geometrycznej powierzchni

Potencjalne źródła błędów w pomiarach stykowych struktury geometrycznej powierzchni związane są z przy-

rzędem, wzorcami, warunkami środowiskowymi, właściwościami mierzonego elementu, oprogramowaniem użytym do wyznaczania parametrów oraz umiejętnościami metrologa wykonującego pomiar [2]. W każdym z tych obszarów można wyróżnić kilka elementów.

Przyrząd pomiarowy:

- geometria ostrza odwzorowującego (promień, kąt, uszkodzenia),
- nacisk ostrza na próbkę,
- prostoliniowość osi X (pomiary 2D),
- płaskość płaszczyzny XY (pomiary 3D),
- liniowość przetwornika (oś Z),
- szum pomiarowy,
- prostopadłość osi X i Y (pomiary 3D),
- digitalizacja sygnału pomiarowego.

Wzorce:

- uszkodzenia powierzchni pomiarowej,
- jednorodność powierzchni.

Warunki środowiskowe:

- temperatura,
- gradient czasowy temperatury (pomiary 3D),
- drgania.

Mierzony element:

- czystość powierzchni,
- twardość materiału.

Oprogramowanie:

- algorytmy obliczeniowe parametrów,
- wzorce programowalne.

Metrolog:

- dobór przyrządu o odpowiednich charakterystykach metrologicznych,
- sprawdzenie przyrządu,
- wzorcowanie,
- przeprowadzenie pomiaru (dobór parametrów i zapewnienie właściwych warunków),
- obliczenie parametrów chropowatości.

Obiekt badań

Pomiary przeprowadzono na elemencie walcowym ze stali WCL o średnicy $\varnothing 49$ mm. Obróbkę przeprowadzono na centrum tokarskim DMG Alpha 500 z następującymi parametrami:

- prędkością skrawania $v_c = 360$ m/min,
 - posuwem na obrót $f_n = 0,01$ mm/obr.,
 - promieniem krawędzi skrawającej $r_n = 7,8$ μ m.
- Zastosowano płytkę DCGT 11 T3 08 – UM 1125.

Skutkiem takiej obróbki jest uzyskanie powierzchni o charakterze okresowym z nierównościami o długości fali odpowiadającej posuwowi na obrót oraz amplitudzie poniżej jednego mikrometra. Charakter mierzonej powierzchni powinien być uwzględniony przez wykonującego pomiary przy doborze przyrządu pomiarowego oraz parametrów pomiaru.

* Mgr inż. Jacek Świdorski (swiderski@tu.kielce.pl), mgr inż. Tomasz Dobrowolski (t.dobrowolski@tu.kielce.pl) – Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej

Wykonanie pomiarów

Pierwszym krokiem jest wybór profilometru o charakterystykach metrologicznych zapewniających wykonanie wiarygodnych pomiarów powierzchni, której profil stanowi nierówność o małej amplitudzie i dużej częstotliwości. Szczególną uwagę należy zwrócić na geometrię ostrza odwzorowującego, gęstość próbkowania poziomego, rozdzielczość osi pionowej oraz szum własny przyrządu.

Sprawdzenie profilometru polega na pomiarze siły nacisku ostrza odwzorowującego, kontroli jego stanu oraz pomiarze szumu pomiarowego. Pomiar siły nacisku ostrza wykonuje się w celu wyeliminowania możliwości uszkodzenia mierzonej powierzchni w przypadku wystąpienia nacisków jednostkowych przekraczających granicę plastyczności materiału mierzonego elementu. Siła nacisku nie powinna przekraczać 0,75 mN. Stan ostrza odwzorowującego można ocenić, wykonując pomiar wzorca typu PBR (ostrze żyłki), który oprócz dostarczenia informacji o stanie ostrza umożliwia wyznaczenie jego promienia. Pomiar topografii powierzchni wzorca typu AFL (płaskie szkło interferencyjne) pozwala na wyznaczenie szumu pomiarowego, który jest wypadkową drgań zespołu przesuwu profilometru, szumu generowanego przez zespoły elektroniczne przyrządu oraz oddziaływania czynników zewnętrznych na proces pomiaru takich wielkości, jak drgania czy czasowy gradient temperatury.

Proces kalibracji profilometru stykowego opiera się na wzorcach materialnych i programowanych. Wzorce materialne służą do wzorcowania przyrządu pomiarowego, natomiast wzorce programowane – do walidacji oprogramowania do analizy wyników pomiaru i obliczania parametrów. Szeroki zakres wzorców do wzorcowania przyrządów do pomiarów topografii powierzchni przedstawiony jest w normie PN-EN ISO 25178-70 [4]. Dokument ten przewiduje 13 typów wzorców materialnych profilu i 11 typów wzorców materialnych powierzchni. Zestaw użytych wzorców powinien zapewnić pełną geometryczną kalibrację przyrządu i uwzględnić charakter powierzchni, która ma być mierzona (amplitudę i długość fali).

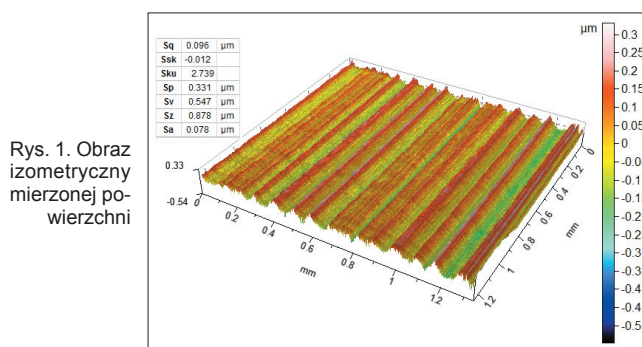
Pomiar należy przeprowadzać w temperaturze odniesienia 20°C i w jak najmniejszym czasowym gradiencie temperaturowym w przypadku pomiarów 3D. Mierzona powierzchnia powinna być czysta. Do usuwania ewentualnych zabrudzeń należy wybrać metodę niepowodującą zarysowań. Po stabilizacji temperaturowej przyrządu i po umieszczeniu elementu śladami obróbki prostopadle do ruchu ostrza można przystąpić do mierzenia.

Przeprowadzenie pomiaru związane jest z doбором przez metrologa następujących parametrów: długości odcinka pomiarowego, prędkości przesuwu ostrza odwzorowującego, gęstości próbkowania w osi X prostopadłej do śladów obróbki oraz w osi Y w przypadku pomiarów topografii powierzchni. Długość odcinka pomiarowego wynika z przewidywanych wartości parametru RSm dla profili okresowych oraz Ra lub Rz dla profili nieokresowych i stosowanych dla nich długości filtra *cut-off*, czyli długości odcinka elementarnego. Współczesne profilometry umożliwiają operatorowi szeroki wybór prędkości przesuwu ostrza odwzorowującego (0,1÷2 mm/s). Standardowa prędkość to $v = 0,5$ mm/s. Mniejsze prędkości należy stosować w przypadku powierzchni, dla których częstotliwość zmian wysokości nierówności jest większa. Stosowanie zbyt dużych prędkości może skutkować utratą kontaktu ostrza z mierzoną powierzchnią, a w konsekwencji – błędami w jej odwzorowaniu. Standardową odległością próbkowania dla powierzchni, dla których

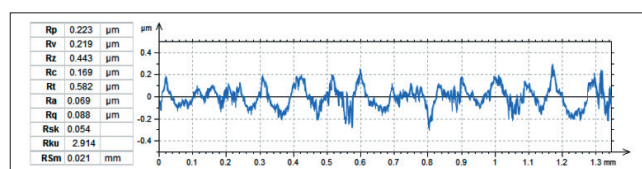
$Ra \leq 2 \mu\text{m}$, $Rz \leq 10 \mu\text{m}$, $RSm \leq 400 \mu\text{m}$ w osi X jest $\Delta x = 0,5 \mu\text{m}$. W przypadku pomiarów 3D odległość próbkowania w osi Y należy dobrać w zależności od intensywności zmian topografii powierzchni w tym kierunku.

Równie ważnym etapem jest prawidłowe przeprowadzenie analizy, której wynikiem będzie obliczenie parametrów chropowatości. Jest to związane z zastosowaniem odpowiedniego filtra λ_s , wyzowaniem profilu lub powierzchni, usunięciem nominalnego kształtu, doбором filtra o odpowiedniej długości *cut-off* w celu rozdzielania składowej falistości i chropowatości.

Pomiary badanej powierzchni z zastosowaniem opisanych zasad wykonano za pomocą profilometra stykowego Form Talysurf PGI, wyposażonego w ostrze odwzorowujące o promieniu $2 \mu\text{m}$ i kącie stożka 60° , o rozdzielczości w osi Z $0,8$ nm, odstępnie próbkowania w osi X, $\Delta x = 0,125 \mu\text{m}$ oraz w osi Y, $\Delta y = 10 \mu\text{m}$. W wyniku przeprowadzonej analizy otrzymano izometryczny obraz powierzchni (rys. 1) i wyodrębniony profil chropowatości (rys. 2).



Rys. 1. Obraz izometryczny mierzonej powierzchni



Rys. 2. Wyodrębniony profil chropowatości i parametry profilu

Podsumowanie

Uzyskanie wiarygodnych pomiarów topografii powierzchni wymaga przestrzegania zasad dobrej praktyki metrologicznej na wszystkich etapach procesu pomiarowego, począwszy od wyboru przyrządu pomiarowego, sprawdzenia i wzorcowania profilometru, po przeprowadzenie pomiaru oraz wykonanie analizy w celu otrzymania parametrów chropowatości.

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., Świdorski 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.
- Pawlus P., Wieczorowski M., Mathia T. „The errors of stylus methods in surface topography measurements”. Szczecin: ZAPOL, 2014.
- 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.
- Giusca C., Leach R. Good Practice Guide No. 129 Calibration of the metrological characteristics of areal contact stylus instruments National Physical Laboratory ISSN 1368-6550. ■