

Dokładność pomiaru zużycia krawędzi skrawających z wykorzystaniem mikroskopu różnicowania ogniskowego

The accuracy of cutting edge wear measurement using a focus-variation microscope

JAN BUREK
BARBARA JAMUŁA *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.10.141>

Przedstawiono ocenę dokładności odwzorowania geometrii 3D krawędzi skrawających czterostrzowego frezu trzpieniowego w zależności od wartości powiększenia obiektywu. Z myślą o digitalizacji geometrii krawędzi skrawających frezu zastosowano system pomiarowy: mikroskop różnicowania ogniskowego Infinite Focus G4 firmy Alicona z oprogramowaniem Alicona IFM. Celem badań było określenie różnic powstałych w procesie odwzorowania geometrii krawędzi skrawającej. Zaprezentowano również trójwymiarowe mapy wartości odchyłek, otrzymanych na podstawie pomiarów geometrii krawędzi skrawających.

SŁOWA KLUCZOWE: dokładność pomiaru, różnicowanie ogniskowe, geometria krawędzi skrawającej

An assessment of the accuracy of the reconstruction of cutting edges 3D geometry shank cutter depending on the magnification of the lens is presented. Focus-variation microscope Alicona G4 with IFM Alicona software were used in the research. The main goal of the research was to determine differences created in the process of the reconstruction of cutting edges geometry. Three-dimensional maps of deviation values were presented, using measurements of cutting edges geometry.
KEYWORDS: measurement accuracy, focus-variation, cutting edge geometry

Monitorowanie zużycia narzędzia skrawającego po określonym czasie pracy jest jednym z kluczowych czynników gwarantujących stabilność procesu obróbkowego [5]. Pęknięcia, wykruszenia, ubytki materiału itp. pojawiające się na ostrzu narzędzia skrawającego podczas obróbki wiórowej są trudne do wykrycia przez operatora. Brak weryfikacji pogarszających się w czasie obróbki właściwości skrawanych narzędzia ma znaczący wpływ m.in. na: wzrost sił skrawania, strukturę geometryczną powierzchni przedmiotu obrabianego oraz stan i żywotność narzędzia.

Aby spełnić wymogi wobec narzędzi skrawających, konieczne jest rozszerzenie zakresu monitorowania ich stanu po ustalonym okresie pracy [2]. Na stan ostrzy narzędzia wpływają przede wszystkim rodzaj, wielkość oraz obszar zużycia na powierzchni krawędzi skrawających. O wyborze urządzenia pomiarowego decyduje rozdzielczość i identyfikowalność obrazu, a także czas uzyskania wyników pomiarów.

Te oczekiwania spełnia mikroskop różnicowania ogniskowego Infinite Focus firmy Alicona. Szerokie spektrum technologii pomiaru tym urządzeniem pozwala na kontrolę geometrii, zużycia oraz chropowatości na powierzchniach skrawających narzędzia skrawającego [1]. Dzięki połą-

czeniu optycznej, powierzchniowej i współrzędnościowej techniki pomiarowej wiodący producenci narzędzi skrawających wykorzystują technologię pomiarową firmy Alicona do pozyskiwania informacji o jakości narzędzi. Dane z pomiaru narzędzia skrawającego umożliwiają zaprojektowanie jego geometrii i utrzymanie kontroli nad poszczególnymi etapami procesu wytwarzania.

W odróżnieniu od innych technik pomiarowych mikroskop różnicowania ogniskowego pozwala na pomiar przedmiotów w skali mikro i makro [3]. Precyzyjna optyka, obejmująca różne układy soczewek, jest istotnym elementem tego systemu. Dzięki wyposażeniu w obiektywy pomiarowe możliwe jest prowadzenie badań ze zmienną wartością powiększenia oraz zróżnicowanym polem widzenia.

Pomiar mikroskopem elementów geometrii narzędzia skrawającego techniką różnicowania ogniskowego wymaga doboru odpowiednich obiektywów, zwłaszcza jeśli użytkownik potrzebuje informacji o miejscu powstania zużycia na krawędziach skrawających oraz chce określić jego rodzaj.

Aby zapewnić wymaganą dokładność odwzorowania zużycia krawędzi skrawającej narzędzia, niezbędne jest określenie metodyki pomiaru technologią różnicowania ogniskowego. Istotnym zagadnieniem jest sprawdzenie tej metody pod kątem dokładności pomiaru z różną wartością powiększenia, w zależności od stopnia zużycia krawędzi narzędzia skrawającego.

Warunki badań

Badania przeprowadzono na trzyosiowym systemie pomiarowym (mikroskopie) Infinite Focus G4 firmy Alicona z dodatkową jednostką obrotową IF-Real3D RotationUnit, umożliwiającą pełne skanowanie 3D geometrii narzędzia skrawającego (rys. 1). W Infinite Focus została zastosowana innowacyjna i niezależna technika Focus-Variation. Wykorzystuje on technologię pomiarową bazującą na różnicowaniu ogniskowym, której opis można znaleźć w normie EN ISO 25178.

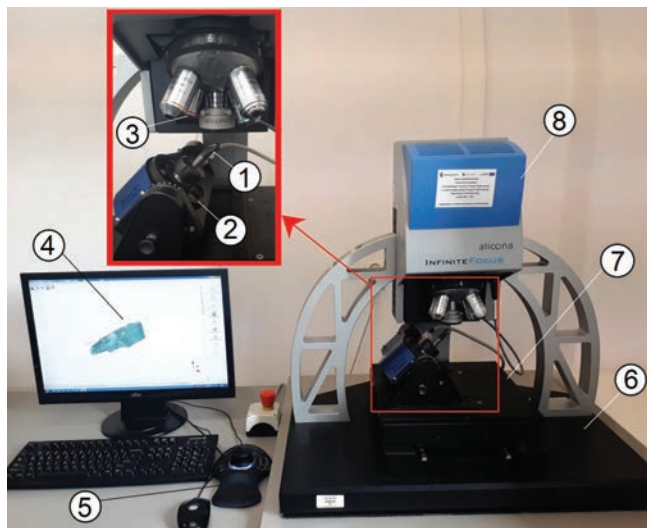
Oceny dokładności pomiaru zużycia frezu dokonano z zastosowaniem trzech rodzajów obiektywów pozwalających na pomiar krawędzi skrawającej z powiększeniem: 2,5×; 5×; 10×. Wybrane dane dotyczące obiektywów typu G4 mikroskopu Infinite Focus przedstawiono w tablicy [4]

W czasie pomiarów zastosowano polaryzację. Zgodnie z dokumentacją producenta mikroskopu polaryzacja jest potrzebna w sytuacji, gdy powierzchnia nie jest jednolicie oświetlona. Dzięki temu bezpośrednie odbicie od powierzchni metalowych jest wygaszane i pozostaje jedynie odbicie rozproszone. Uzyskiwany obraz nie zależy od nachylenia mierzonego przedmiotu, lecz od tekstury powierzchni.

* Dr hab. inż. Jan Burek prof. PRz (jburek@prz.edu.pl), mgr inż. Barbara Jamuła (b.jamula@prz.edu.pl) – Katedra Technik Wytwarzania i Automatyki, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej

TABLICA. Wyniki z pomiarów

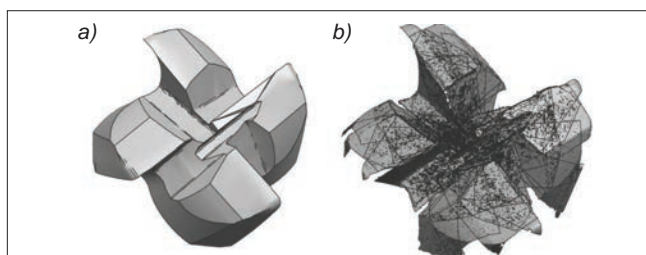
Powiększenie obiektywów	2,5×	5×	10×
Pole widzenia X, μm	5716	2858	1429
Pole widzenia Y, μm	4351	2175	1088
Odległość robocza, mm	8,8	23,5	17,5
Min. powtarzalność, nm	800	120	30
Rozdzielczość, pkt	1624 × 1232	1631 × 3286	1642 × 5358



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe Infinite Focus G4 firmy Alicona: 1 – mierzone narzędzie skrawające, 2 – jednostka obrotowa, 3 – rewolwery obiektywów, 4 – geometria 3D krawędzi skrawającej analizowanego frezu, 5 – joystick pozwalający na pozycjonowanie mierzonego przedmiotu, 6 – stół z pasywnym systemem absorpcji drgań, 7 – stół poruszający się w osi X-Y, 8 – głowica czujnika ze źródłem światła

Ze względu na wysoki stopień odbijania światła oraz w celu poprawy dokładności rejestrowania obrazu do każdego obiektywu zamontowano także oświetlenie pierścieniowe z tarczą polaryzacyjną. Zastosowanie filtra polaryzacyjnego wyeliminowało uzyskiwanie obrazu wykazującego duże różnice jasności, a także z powierzchniami zbyt ciemnymi do pomiaru 3D geometrii krawędzi narzędzia skrawającego [4].

Wykorzystano czteroostrzowy monolityczny frez trzpieniowy z węgla spiekane go z widocznymi miejscami zużycia na powierzchniach ostrzy skrawających (rys. 2).



Rys. 2. Geometria 3D ostrzy czteroostrzowego monolitycznego frezu trzpieniowego: a) model nowego frezu, b) model zużytego frezu uzyskana na podstawie pomiarów

Analizowany frez umieszczono w obrotowym uchwycie pod kątem 45° , a następnie przesunięto obiektyw do górnej granicy (oś Z) zakresu pomiarowego za pomocą joysticka i określono górną granicę. Tak samo przebiegało zdefiniowanie dolnej granicy. Po wyznaczeniu tych parametrów zarejestrowano pomiar.

Trójwymiarowy obraz krawędzi narzędzia skrawającego wyświetlono w 3D-Viewerze programu Alicona IMF. W trakcie badań rejestrowano pomiary dla każdej krawędzi frezu w zależności od zmieniającej się wartości powiększenia obiektywu.

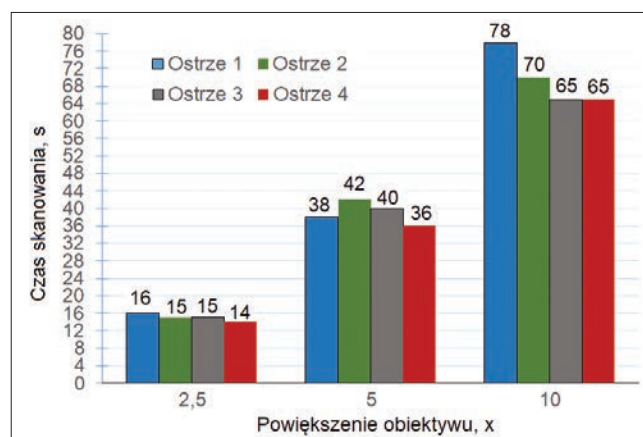
Wyniki badań

Wyniki uzyskane z optycznego systemu pomiarowego, w postaci trójwymiarowych geometrii krawędzi skrawających, pozwoliły na ocenę dokładności pomiaru narzędzia i jego zużycia w różnych powiększeniach. Na podstawie zarejestrowanych obrazów określono czas odwzorowania geometrii krawędzi narzędzia skrawającego (rys. 3).

Zauważono, że czas odwzorowania geometrii 3D dla każdej krawędzi skrawającej analizowanego frezu z zastosowaniem obiektywu o powiększeniu 2,5× był najkrótszy (w porównaniu z danymi uzyskanymi przy innym powiększeniu). Na podstawie otrzymanych trójwymiarowych geometrii można stwierdzić, że czas skanowania jest uzależniony od wartości pola widzenia soczewki obiektywu. To oznacza, że im większe powiększenie obiektywu, tym dłuższy czas skanowania krawędzi skrawającej.

Wynika to z łączenia obrazów, których liczba zależy od pola widzenia danego obiektywu. W przypadku obiektywu o powiększeniu 2,5× uzyskano jeden zeskanowany obraz, a w pozostałych przypadkach oprogramowanie IMF łączyło obrazy. Dla obiektywu o powiększeniu 5× były to dwa obrazy, a w przypadku powiększenia 10× – trzy obrazy.

Czas odwzorowania geometrii krawędzi skrawającej wynosił maksymalnie 1,5 min. Jest on stosunkowo krótki, a otrzymana trójwymiarowa geometria krawędzi skrawającej pozwala na kontrolę oraz dokładną analizę wad i nierówności na powierzchniach ostrzy narzędzia skrawającego.

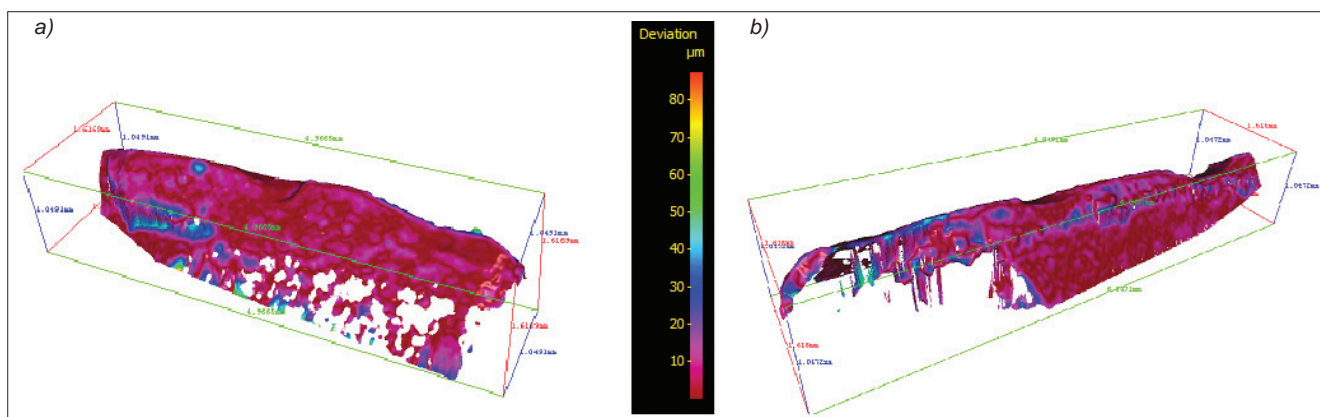


Rys. 3. Czas skanowania geometrii krawędzi skrawających frezu w zależności od wartości powiększenia obiektywu

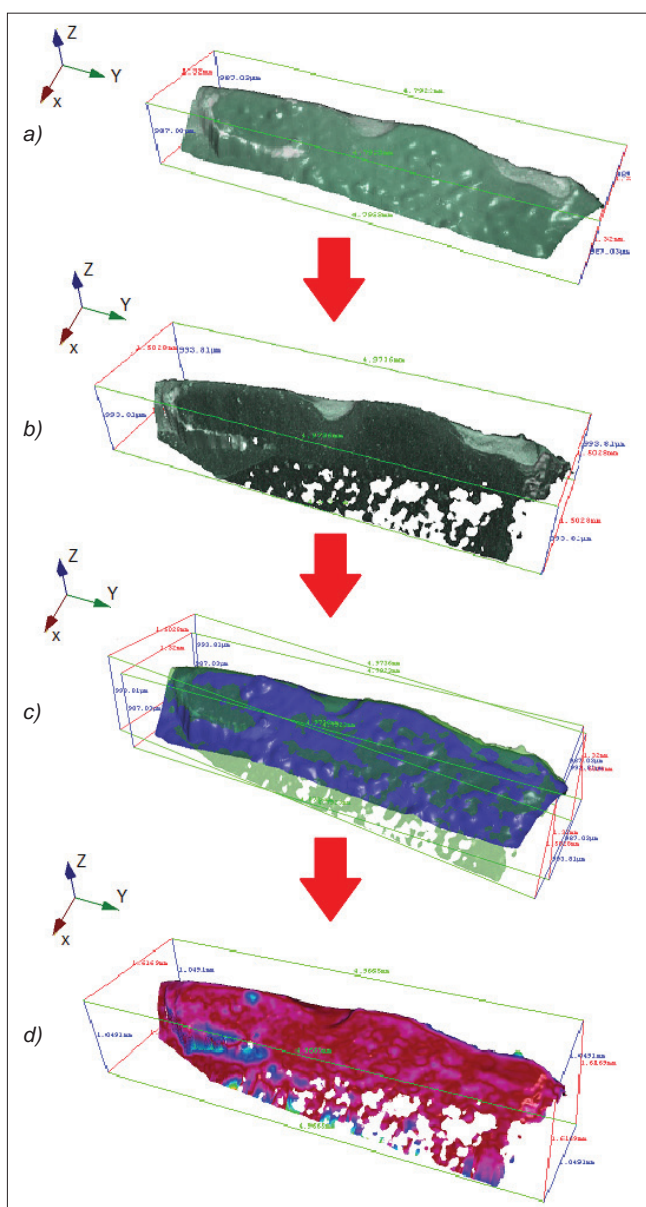
Uzyskane w wyniku pomiarów przestrzenne powierzchnie krawędzi skrawających frezu porównano w jednej z aplikacji (DifferenceMeasurement) programu IMF firmy Alicona. Miało to na celu stworzenie map z wartościami odchyłek (rys. 4). Wartości te osiągnięto poprzez dopasowanie (metodą Automatic Alignment; rys. 5) trójwymiarowych geometrii krawędzi skrawających otrzymanych z pomiarów ze zróżnicowanymi wartościami powiększenia obiektywu. Dokładność pomiaru określono na podstawie wartości odchyłek między otrzymanymi powierzchniami.

Zauważono, że wartości odchyłek zmieniają się w zależności od powiększenia obiektywu. Największe odchyłki uzyskano w wyniku porównania powierzchni w powiększeniu 10-krotnym i 2,5-krotnym. Najmniejsze zaś wartości odchyłek uzyskano z porównania powierzchni w powiększeniu 2,5-krotnym i 5-krotnym.

W przypadku porównania obrazów o tych samych wartościach powiększenia wartości odchyłek są porównywalne. Zmiana jest widoczna jedynie na powierzchniach bocznych, gdzie wartość odchyłki wynosi nawet 0,04 mm.



Rys. 4. Mapy odchyłek krawędzi skrawających frezu z powiększeniem 2,5 \times oraz 5 \times : a) widok z przodu krawędzi, b) widok z tyłu krawędzi



Rys. 5. Schemat porównywania trójwymiarowych modeli krawędzi skrawających, którego wynikiem były mapy z wartościami odchyłek: a) krawędź otrzymana z powiększenia 2,5 \times , b) krawędź otrzymana z powiększenia 5 \times , c) dopasowanie krawędzi a i b, d) mapa wartości odchyłek

Szczególną uwagę zwrócono na trójwymiarowe powierzchnie krawędzi skrawającej zużytego frezu otrzymane w powiększeniu 10 \times . Zaobserwowano miejsca, w których nie została odwzorowana geometria krawędzi frezu. Obrazy te prezentują liczne braki w postaci dziur. Ubytki

te w znacznym stopniu widać na powierzchni głównej przyłożenia. Dodatkowo geometrie zeskanowane z tą rozdzielczością pokazują znaczące nierówności na bocznych powierzchniach krawędzi skrawającej (rys. 6).

Na obrazach w powiększeniu 5 \times także zauważono liczne dziury na bocznych powierzchniach krawędzi skrawającej. W wyniku porównania trójwymiarowych obrazów uzyskanych z obiektywu o powiększeniu 5 \times i 10 \times w aplikacji DifferenceMeasurement zaobserwowano znaczące wydłużenie czasu nakładania się zmierzonych powierzchni. Niektóre z nich, po zastosowaniu automatycznego dopasowania, nie potrafiły odnaleźć powierzchni nominalnych. Stąd czas uzyskania map z odchyłek wartości wymiarów był znacząco dłuższy. Dostrzeżono, że wybór większej rozdzielczości obiektywu powoduje pogorszenie jakości odwzorowania trójwymiarowej geometrii krawędzi narzędzia skrawającego i wydłużenie czasu oczekiwania na rezultaty pomiaru.

Wnioski

Wykorzystanie technologii różnicowania ogniskowego w mikroskopie Infinite Focus pozwala na pomiary w skali mikro i makro z różnym powiększeniem obiektywu. Wybór tej wartości do pomiarów i oceny zużycia na ostrzach, a zwłaszcza krawędziach skrawających, w znacznym stopniu zależy od czasu uzyskiwania wyników i dokładności odwzorowania geometrii ostrzy.

Z badań wynika, że obiektywem o powiększeniu 2,5 \times uzyskuje się najlepsze odwzorowanie w postaci trójwymiarowych obrazów – zarówno obszarów zużycia na krawędziach ostrzy narzędzia skrawającego, jak i całej geometrii ostrza. Czas skanowania ostrzy narzędzia skrawającego z użyciem obiektywu o powiększeniu 2,5 \times jest najkrótszy.

Uzyskane wyniki przede wszystkim dają możliwość doboru powiększenia obiektywów do pomiaru geometrii krawędzi narzędzia skrawającego i całej geometrii narzędzia.

LITERATURA

1. Brzozowski D., Wieczorkowski M., Gapiński B. „Pomiar geometrii i ocena powierzchni narzędzi za pomocą mikroskopu różnicowania ogniskowego”. *Mechanik*. 11 (2017): s. 1020–1022.
2. Burek J. „Nadzorowanie procesów obróbki skrawaniem i obróbki ściernej”. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2018.
3. Gapiński B., Wieczorkowski M., Marciniak-Podsadna L., Dybala B., Ziółkowski G. “Comparison of different method of measurement geometry using CMM, optical scanner and computed tomography 3D”. *Procedia Engineering*. 69 (2014): s. 255–262.
4. Infinite Focus Alicona 3.5.1.5 – podręcznik IFM, 2011.
5. Szafarczyk M., Chrzanowski J., Gościński R. „Nowoczesne metody monitorowania zużycia ostrzy narzędzi”. *Materiały Konferencji: Innowacje w budowie i eksploatacji maszyn*. Poznań, 2006.