

# Analiza struktur powierzchni mikrowiórów kulistych powstających w procesach obróbki ścierniej

Microcutting process modeling in an environment  
Ansys materials with different properties

WOJCIECH KACALAK  
ŁUKASZ RYPINA  
KATARZYNA TANDECKA  
DARIUSZ LIPIŃSKI  
FILIP SZAFRANIEC\*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.291

Autorzy przeanalizowali zjawisko kształtowania się struktury geometrycznej powierzchni mikrowiórów kulistych. W celu wyjaśnienia zjawiska tworzenia się pofalowanej powierzchni mikrowiórów w postaci powłok kulistych przeprowadzono symulacje komputerowe w systemie Ansys.

**SŁOWA KLUCZOWE:** modelowanie CAE, Ansys, mikrowiór kulisty

*The authors analyzed the phenomenon of formation of the surface structure of spherical micro-chips. It was carried out computer simulation in system Ansys in order to explain the phenomenon of creation of complex structures on the chip surface.*

**KEYWORDS:** CAE modeling, Ansys, spherical micro-chips

Procesy obróbki ścierniej są powszechnie stosowane w produkcji precyzyjnych elementów maszyn i urządzeń, a także w przemyśle: budowy maszyn, stoczniowym, samochodowym, lotniczym, kosmicznym, wojskowym i in. Cechą procesu jest duża złożoność zjawisk występujących w otoczeniu naroży skrawających ziaren ściernych [6÷8].

W procesach obróbki ścierniej ważne jest stosowanie cieczy chłodzącej, którą podaje się do strefy obróbki. Jednakże nawet w przypadku intensywnego chłodzenia duże gradienty temperatury, występujące podczas obróbki, powodują topnienie i szybkie krzepnięcie małych fragmentów materiału, co sprzyja powstawaniu wiórów sferycznych [4, 5]

W niniejszej pracy autorzy przeanalizowali proces formowania wiórów w postaci zbliżonej do kulistej. Obecność wiórów w tak złożonej formie świadczy o występowaniu wysokich gradientów temperatury w strefie obróbki oraz znanych naprężeń ściskających w sferze, wynikających ze skurczu cieplnego.

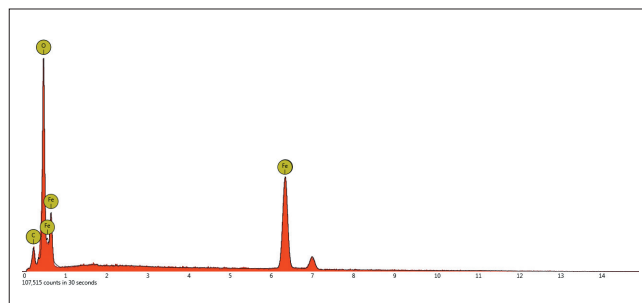
Autorzy opracowali symulacje komputerowe, które w sposób przybliżony pozwalają opisać powstawanie struktur powierzchni mikrowiórów kulistych tworzących się w procesach obróbki ścierniej.

\* Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak (wk5@tu.koszalin.pl), mgr inż. Łukasz Rypina (lukasz.rypina@tu.koszalin.pl), dr inż. Katarzyna Tandecka (katarzyna.tandecka@tu.koszalin.pl), dr inż. Dariusz Lipiński (dariusz.lipinski@tu.koszalin.pl), mgr inż. Filip Szafraniec (filip.szafraniec@tu.koszalin.pl) – Katedra Mechaniki Precyzyjnej, Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej

## Opis analizy numerycznej

Celem przeprowadzonej symulacji jest analiza wpływu znaczących naprężeń ściskających w powłoce kulistej – będących wynikiem skurczu termicznego podczas szybkiego chłodzenia tej powłoki – na kształtowanie struktury powierzchni.

Analizę komputerową przeprowadzono w systemie Ansys 15.0 w module Autodyna. W analizie komputerowej



Rys. 1. Wykres energii rozproszonego promieniowania rentgenowskiego z badanego mikroobszaru wióra w postaci mikrosfery [5]

zastosowano równanie konstytutywne Johnsona-Cooka, które odnosi się do rozkładu naprężeń, odkształceń, prędkości odkształceń oraz temperatury w badanym obiekcie [1÷3]. Na podstawie modelu materiałowego stali żelazkowej w badaniach symulacyjnych przyjęto parametry odpowiadające kruchości i wytrzymałości utleniającej się powłoki. Zawartość poszczególnych pierwiastków wynosi: 72,2% tlenu, 25,8% żelaza oraz 2% węgla (rys. 1) [5].

Zbudowano model geometryczny w postaci sfery o wymiarze 0,5 mm i grubości 0,001 mm oraz zdefiniowano warunki brzegowe:

- właściwości materiałowe odpowiadające warstwie tlenków na powierzchni sfery,
- naprężenia w sferze wynikające ze skurczu cieplnego,
- malejąca temperatura materiału – od 900 °C do 20 °C,
- podciśnienie dobrane tak, aby zostały spełnione warunki drugi i trzeci.

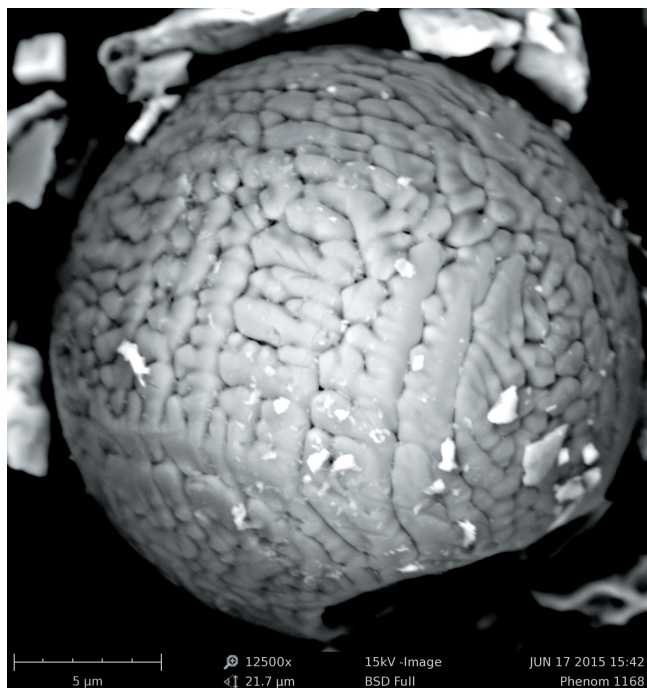
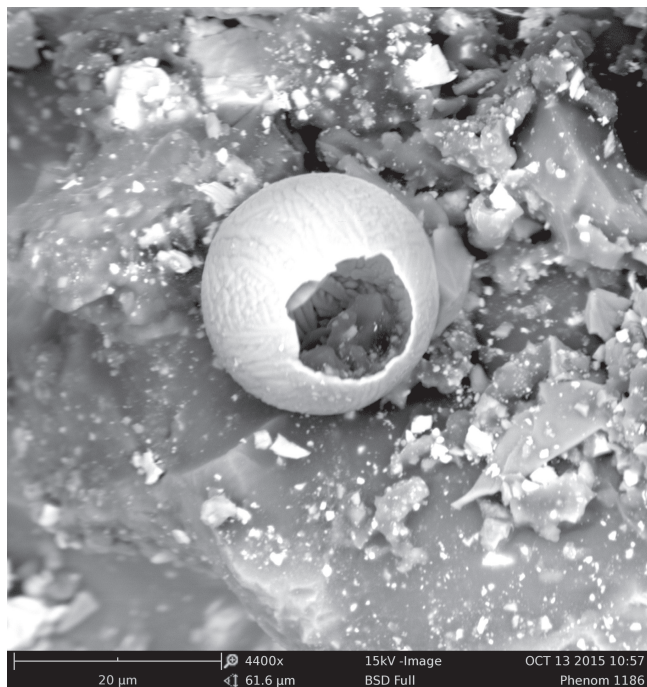
W celu odwzorowania procesu powstawania struktury powierzchni mikrowióra kulistego na ściankę wewnętrzną zadano podciśnienie oraz temperaturę otoczenia wynoszącą 800 °C.

## Wyniki analizy numerycznej

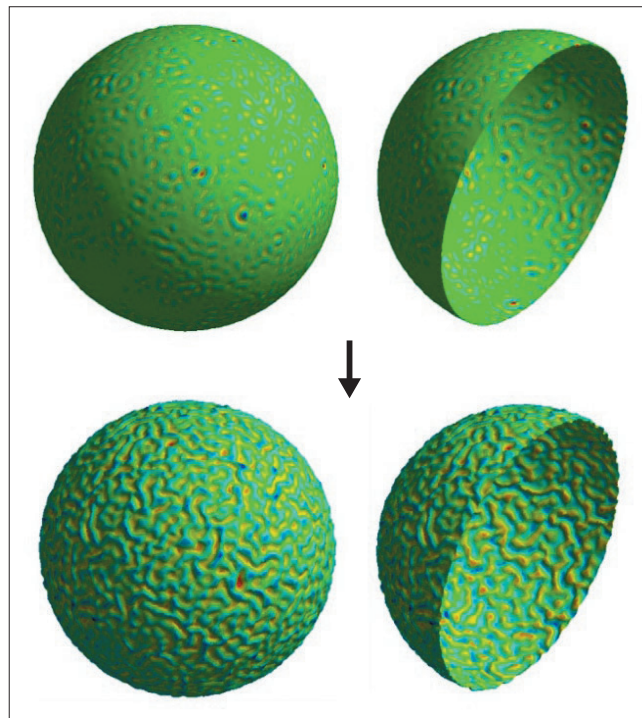
W badaniach symulacyjnych zaobserwowano, że oddziaływanie wysokiej temperatury oraz ciśnienia, jakie panują w strefie obróbki, ma decydujący wpływ na powstawanie złożonej struktury na powierzchni sfery. Na rys. 2 przedstawiono kolejne fazy kształtowania się tej struktury.

## Analiza zdjęć skaningowych

W procesach obróbki ścierniej można zaobserwować powstawanie wiórów w postaci zbliżonej do kulistej, co wskazuje na występowanie wysokich naprężeń w powłoce kulistej oraz wysokiej temperatury w strefie obróbki. Warunki te powodują topnienie i szybkie krzepnięcie małych fragmentów materiału – w konsekwencji powstają



Rys. 3. Obrazy SEM mikrowiórów kulistych powstałych w procesie szlifowania stali łożyskowej X153CrMoV12 (NC11LV)



Rys. 2. Wynik symulacji komputerowej procesu formowania struktury powierzchni mikrowióra kulistego

wióry o bardzo złożonej strukturze na powierzchni sfer (rys. 3).

## Podsumowanie

Przedstawione w artykule wyniki analiz numerycznych są próbą wyjaśnienia przez autorów zjawisk oraz procesów występujących w czasie tworzenia się wiórów kulistych. Można przypuszczać, że nie tylko duże gradienty temperatury oraz krzepnięcie materiału mają wpływ na powstawanie struktury powierzchni wiórów kulistych. Naprężenia występujące w procesie formowania powierzchni wiórów kulistych mogą być wynikiem dużych gradientów temperatury podczas lokalnych zjawisk krzepnięcia, a następnie skurczu termicznego.

## LITERATURA

1. Anderson D., Warkentin A., Bauer R. "Experimental and numerical investigations of single abrasive-grain cutting". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. Vol. 51 (2011): pp. 898-910.
2. Arulkirubakaran D., Senthilkumar V., Kumawat V. "Effect of micro-textured tools on machining of Ti-6Al-4V alloy: an experimental and numerical approach". *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. Vol. 54 (2016): pp. 165-177.
3. Kacalak W., Rypina Ł., Królikowski T. „Analiza wpływu cech stereometrycznych ziaren ściernych na naprężenia, odkształcenia i przemieszczenia materiału w strefie mikroskrawania”. *Mechanik*. R. 359, nr 8-9 (2015): s. 139-145.
4. Nikiforov I., Maltsev P., Ivanov V., Barsuk I. "Explanation of the express method of the determination of steel grade by spark". *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference*. Vol. I (2015): pp. 157-161.
5. Kacalak W., Tandecka K., Rypina Ł. "Evaluation of micromachining processes using data in the format and geometric characteristics of micro-chips". *Journal of Machine Engineering*. Vol. 15, No. 4 (2015): pp. 59-68.
6. Coronado J.J., Sinatora A. "Effect of abrasive size on wear of metallic materials and its relationship with microchips morphology and wear micromechanisms". *Wear*. Vol. 271 (2011): pp. 1794-1803.
7. Kersting P., Joliet R., Kansteiner M. "Modelling and simulative analysis of the micro-finishing process". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 64/1 (2015): pp. 81-87.
8. Davies M.A., Burns T.J., Evans C.J. "On the dynamics of chip formation in machining hard metals". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 46 (1997): pp. 25-30. ■