

# Modelowanie i analiza procesów mikroskrawania agregatami ściernymi

## Modeling and analysis of microcutting processes abrasive aggregates

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

DOI: 10.17814/mechanik.2016.numer wydania.numer kolejny

W artykule przedstawiono wyniki badań procesu mikroskrawania agregatami ściernymi, jako innowacyjnymi komponentami nowych narzędzi ściernych przeznaczonych do szlifowania stopów metali lekkich. Tworząc modele agregatów, do odwzorowania kształtu ziaren ściernych z elektrokorundu szlachetnego zastosowano system skanowania przestrzennego Atos Triple Scan. Uzyskany model komputerowy agregatu ściernego umożliwił przeprowadzenie symulacji w środowisku Ansys. Wykazano występowanie dużo mniejszych bocznych przepływów materiału w porównaniu ze skrawaniem konwencjonalnymi ziarnami ściernymi.

**SŁOWA KLUCZOWE:** mikroagregaty ścierne, mikroskrawanie pojedynczym ziarnem ściernym, skaner 3D

*The article presents the results of the microcutting process with abrasive aggregates, as components of new innovative abrasive tools for grinding light metal alloys. To map the shape of the abrasive electrocorundum grains with used scanning system of spatial Atos Triple Scan. The resulting computer model grinding aggregate allowed a simulation environment Ansys microcutting process aggregate abrasive. It has been proved the presence of much smaller lateral flow of the material in comparison with conventional cutting abrasive grains.*

**KEYWORDS:** microaggregates abrasive, microcutting single abrasive grain, 3D scanner

### Wstęp

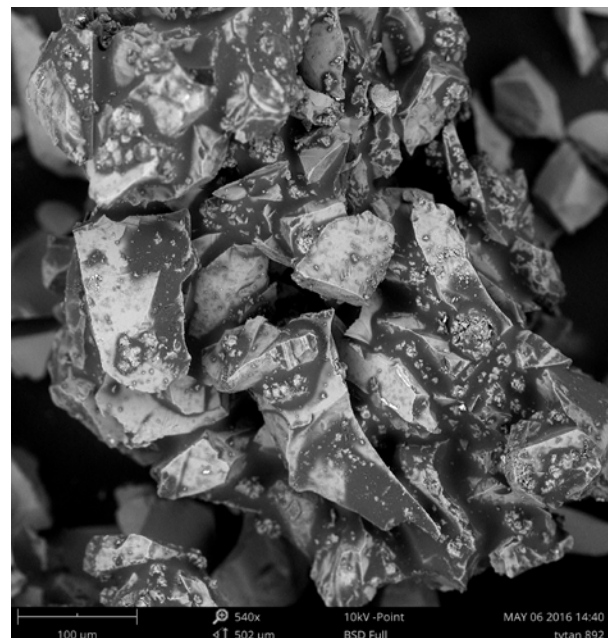
Postęp technologiczny w procesach szlifowania wymaga wyższego poziomu możliwego różnicowania właściwości narzędzi ściernych. Uzasadnione jest tworzenie narzędzi ściernych dedykowanych do określonych zastosowań, w tym do rodzaju obrabianego materiału i cech procesu. Zaproponowane nowe narzędzia z innowacyjnym komponentem w postaci mikroagregatów, zwiększają efektywność obróbki stopów aluminium, magnezu oraz tytanu poprzez zniwelowanie niekorzystnych efektów obróbki w postaci zalepień czynnej powierzchni ściernic, obniżenie energii właściwej obróbki. W celu poznania zjawisk zachodzących a strefie oddziaływania agregatu ściernego na materiał obrabiany zastosowano symulację

w środowisku wykorzystującym metodę elementów skończonych, zaproponowaną przez autorów [1,2,3,5,6].

### Narzędzia ścierne z mikroagregatami ściernymi

Opracowano założenia i wykonano w firmie Andre Abrasive Articles nowe, innowacyjne, hybrydowe narzędzia ścierne zawierające mikroagregaty ziaren określonych materiałów ściernych. To nowe rozwiązanie technologiczne może być stosowane do obróbki stopów metali lekkich.

Mikroagregaty ścierne (rys. 1) stanowią nową gamę innowacyjnych komponentów dodawanych do narzędzi ściernych, które w znacznym stopniu zwiększają efektywność mikroskrawania. Zapewniają obniżenie energii właściwej obróbki poprzez zmniejszenie bocznych przemieszczeń obrabianego materiału. Możliwe jest również łączenie różnych mikroagregatów w jednym narzędziu ściernym, w tym na przykład mikroagregatów z ziarnami  $Al_2O_3$  oraz mikroagregatów z ziarnami SiC.



Rys. 1. Obraz SEM mikroagregatu ściernego

### Modelowanie procesu mikroskrawania agregatami ściernymi

W celu oceny wpływu cech geometrycznych mikroagregatów ściernych powodujących zmniejszanie bocznych przepływów materiału, przeprowadzono symulację procesu mikroskrawania w systemie Ansys.

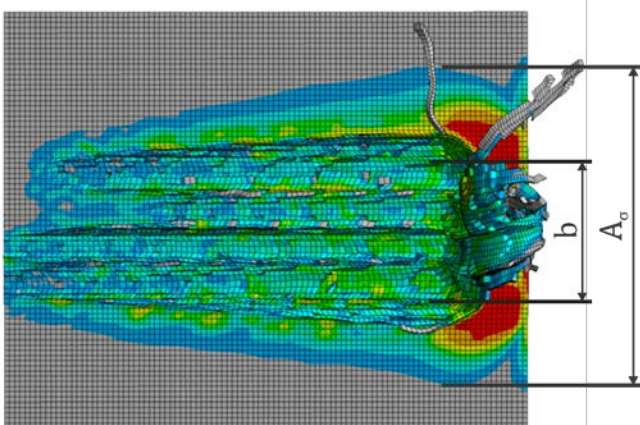
\* Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak ([wk5@tu.koszalin.pl](mailto:wk5@tu.koszalin.pl)), dr inż. Katarzyna Tandecka ([katarzyna.tandecka@tu.koszalin.pl](mailto:katarzyna.tandecka@tu.koszalin.pl)), mgr inż. Łukasz Rypina ([lukasz.rypina@tu.koszalin.pl](mailto:lukasz.rypina@tu.koszalin.pl)), dr inż. Dariusz Lipiński ([dariusz.lipinski@tu.koszalin.pl](mailto:dariusz.lipinski@tu.koszalin.pl)), mgr inż. Filip Szafraniec ([filip.szafraniec@tu.koszalin.pl](mailto:filip.szafraniec@tu.koszalin.pl)) – Politechnika Koszalińska, dr inż. Elżbieta Socha ([elzbieta.socha@andre.com.pl](mailto:elzbieta.socha@andre.com.pl)) – Andre Abrasive Articles Sp. z o.o. Sp. k.

Model geometryczny mikroagregatu przedstawiony na rysunku 2 zbudowano na podstawie rzeczywistych, zrekonstruowanych, z wykorzystaniem skanera 3D Atos Triple Scan, ziaren ściernych. System skanowania przestrzennego umożliwia bardzo dokładne odwzorowanie narzędzi ściernych [4].

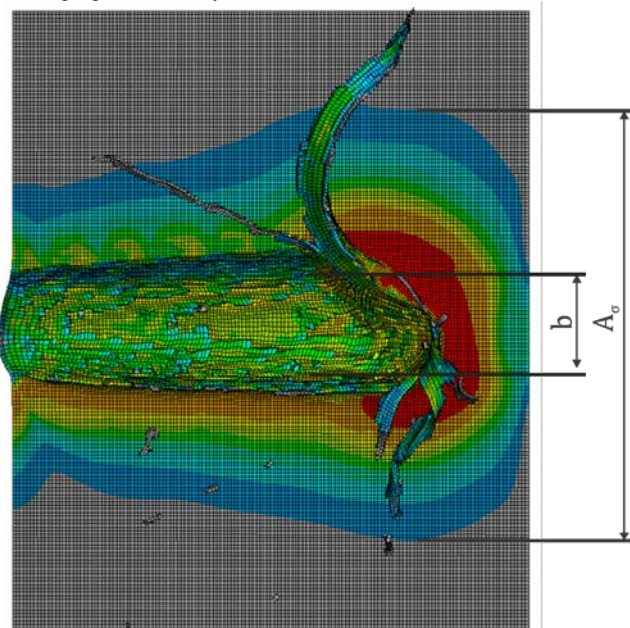


Rys. 2. Geometria mikroagregatu pokryta siatką elementów skończonych

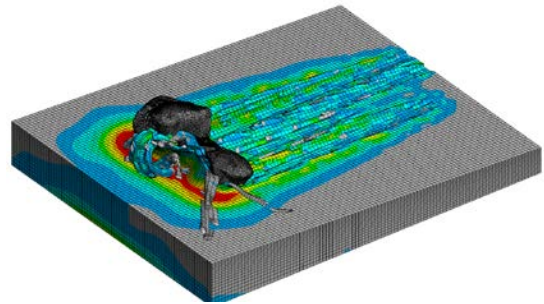
Analiza komputerowa procesu mikroskrawania agregatem ściernym potwierdza znaczące podwyższenie efektywności procesu usuwania obrabianego materiału. Zaobserwowano, że rozległość pola naprężeń w stosunku do szerokości warstwy skrawanej przez agregat ścierny (rys. 3) w porównaniu do rozległości pola naprężeń dla pojedynczego ziarna ściernego (rys. 4) jest ponad dwukrotnie mniejsza. Wpływ na taki stan naprężeń mają cechy geometryczne mikroagregatu ściernego, którego szerokość obrysu na kierunku prostopadły do kierunku ruchu głównego, w znaczący sposób zwiększa długość drogi dla bocznych przepływów materiału, co znacznie je ogranicza (rys. 5, 6).



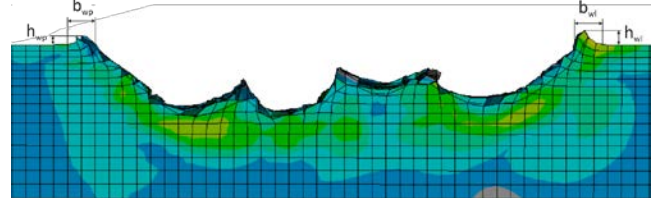
Rys. 3. Stosunek szerokości pola naprężeń  $A_0$  w stosunku do szerokości warstwy skrawanej  $b$  w procesie mikroskrawania mikroagregatem ściernym



Rys. 4. Stosunek szerokości pola naprężeń  $A_0$  w stosunku do szerokości warstwy skrawanej  $b$  w procesie mikroskrawania ziarnem ściernym



Rys. 5. Wyniki przemieszczeń wypływek oraz wiórów po pokonaniu przez agregat drogi 4mm



Rys. 6. Wyniki analizy cech geometrycznych wypływek bocznych po pokonaniu przez ziarno drogi 4 mm

Ważną cechą procesu mikroskrawania agregatem ściernym, którą można zaobserwować na rysunku 6, są małe wypłyvky, których wielkości wynoszą:  $b_{wp} = 98 \mu\text{m}$ ,  $h_{wp} = 32 \mu\text{m}$ ,  $b_{wl} = 110 \mu\text{m}$ ,  $h_{wl} = 55 \mu\text{m}$ . Stwierdzono, że efektywność usuwania materiału jest tym większa, im większy jest stosunek  $b$  do  $A_0$  (rys.3,4).

#### Wnioski:

- Decydujące znaczenie dla energochłonności procesu mikroskrawania agregatem ściernym mają cechy geometryczne, które w znaczący sposób utrudniają i zmniejszają boczne przemieszczenia materiału.
- Mikroagregaty zapewniają stabilną pracę ściernicy wzdłuż torów poszczególnych ziaren. Małe ostrza ziaren, o małych kątach wierzchołkowych rozmieszczone na różnych promieniach w danym mikroagregacie dają porównywalne warunki skrawania i podobne kształty mikrowiórów. Natomiast duże ziarna wzdłuż śladów skrawania tworzą zróżnicowane wióry, różniące się kształtem i strukturą.

Badania zrealizowano w ramach projektu „Innowacyjne, hybrydowe narzędzia ściernie do obróbki stopów metali lekkich” realizowanego w ramach programu INNOTECH w ścieżce programowej IN-TECH. Nr umowy INNOTECH-K3/IN3/43/229135/NCBR/14.

#### LITERATURA

1. Anderson D., Warkentin A., Bauer R., „Experimental and numerical investigations of single abrasive-grain cutting”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 51 (2011), 898-910.
2. Anderson D., Warkentin A., Bauer R., Comparison of spherical and truncated cone geometries for single abrasive-grain cutting, *Journal of Materials Processing Technology* 212 (2012), 1946-1953.
3. Buchkremer S., Wu B., Lung D., Münstermann, Klocke F., Bleck W., FE-simulation of machining processes with a new material model, *Journal of Materials Processing Technology* 214 (2014) 599-611
4. Lipiński D., Kacalak W., Tandecka K., „Zastosowanie systemu skanowania przestrzennego do oceny zużycia narzędzi ściernych” *Pomiary Automatyka Kontrola*, Tom: 59 Zeszyt: 11, str. 1227-1231, 2013.
5. Kacalak W., Rypina Ł., Tandecka K., „Modelling and analysis of displacement of materials characterized by different properties in the zone of microcutting”, *Journal of Machine Engineering*, vol. 15, no. 4, 2015, pp. 46-58.
6. Outeiro J.C., Umbrello D., M'Saoubi R. 206, Experimental and numerical modelling of the residual stresses induced in orthogonal cutting of AISI 316L steel, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 46 (2006), 1786-1794.