

Modelowanie w środowisku Ansys procesów mikroskrawania materiałów o różnych właściwościach

Microcutting processes modeling in an environment Ansys materials with different properties

WOJCIECH KACALAK
 ŁUKASZ RYPINA
 KATARZYNA TANDECKA
 BŁAŻEJ BAŁASZ*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.284

Autorzy przeanalizowali procesy mikroskrawania pojedynczym ziarnem ściernym materiałów o różnych właściwościach. Dane na temat wpływu właściwości materiałowych na sposób formowania wiórów oraz wpływ oraz dotyczące występowania naprężeń w otoczeniu naroża ostrza dostarczają wiele cennych informacji o zjawiskach zachodzących w procesie mikroskrawania. Analizę tego procesu przeprowadzono w systemie Ansys 15, a cechy formowanych wiórów zostały porównane z badaniami eksperymentalnymi.

SŁOWA KLUCZOWE: modelowanie CAE, Ansys, mikroskrawanie, geometria ziarna ściernego

The authors analyzed microgrinding processes by single-grain abrasive materials with different properties. Influence of material properties to a method of forming chips and burrs, and occurrence of stresses in the corner of the blade environment, allows you to get a lot of valuable information on the phe-wisk occurring in the process of Microcutting. Analysis Microcutting process was carried out in the system Ansys 15 and the characteristics of molded chips were compared with experimental research.

KEYWORDS: CAE modeling, Ansys, microcutting, geometry of the abrasive grain

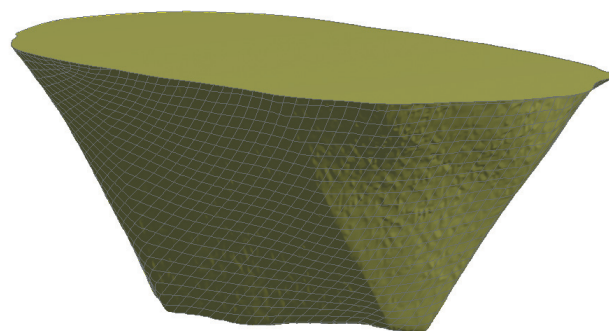
Jednym z istotnych problemów w modelowaniu procesów mikroskrawania jest dobór modelu konstytutywnego oraz jego parametrów, które prawidłowo opiszą właściwości materiału. Stworzenie komputerowego modelu procesu mikroskrawania wymaga znajomości oraz zweryfikowania stanów naprężeń występujących w strefie oddziaływania naroża ziarna [1÷3]. Znaczenie poznawcze modelowania wynika z faktu, że eksperymentalna ocena zjawisk zachodzących w mikroobjętościach skupionych w otoczeniu wierzchołka ziarna jest niemożliwa lub znacznie utrudniona.

Największym problemem w modelowaniu procesów mikroskrawania jest dobór parametrów lub równań stanów opisujących warunki trójosiowego ściskania, jakie występują w otoczeniu naroża ziarna i obrabianego materiału.

Opis analizy numerycznej

Celem przeprowadzonych symulacji była analiza wpływu parametrów modeli, opisujących cechy materiałów, na sposób formowania wiórów w procesie mikroskrawania pojedynczym ziarnem ściernym. Analizę komputerową przeprowadzono w systemie Ansys dla ziarna ściernego w kształcie przedstawionym na rys. 1.

* Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak (wk5@tu.koszalin.pl), dr hab. inż. Błażej Bałasz prof. PK (blazej.balasz@tu.koszalin.pl), dr inż. Katarzyna Tandecka (katarzyna.tandecka@tu.koszalin.pl), mgr inż. Łukasz Rypina (lukasz.rypina@tu.koszalin.pl) – Katedra Mechaniki Precyzyjnej, Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej



Rys. 1. Cechy geometryczne ziarna ściernego wykorzystanego w procesie mikroskrawania

W analizie komputerowej zastosowano równanie konstytutywne Johnsona-Cooka, które odnosi się do rozkładu naprężeń, odkształceń, prędkości odkształceń oraz temperatury w badanym obiekcie [4, 7, 8].

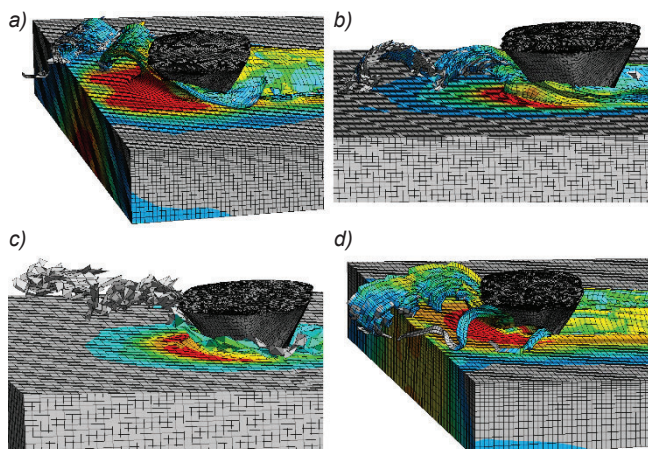
W symulacji komputerowej zastosowano różne modele materiałowe w celu określenia wpływu zmiany prędkości odkształceń na proces przemieszczania cząstek materiału oraz tworzenie mikrowiórów. Parametry tych modeli przedstawiono w tabelicy. Aby uzyskać dane o procesie dla różnych zagłębień ziaren, powierzchnia próbki została pochylona w taki sposób, by głębokość mikroskrawania zmieniała się od 0 do 200 μm .

TABLICA. Przyjęte do obliczeń parametry modelu konstytutywnego Johnsona-Cooka [5, 6]

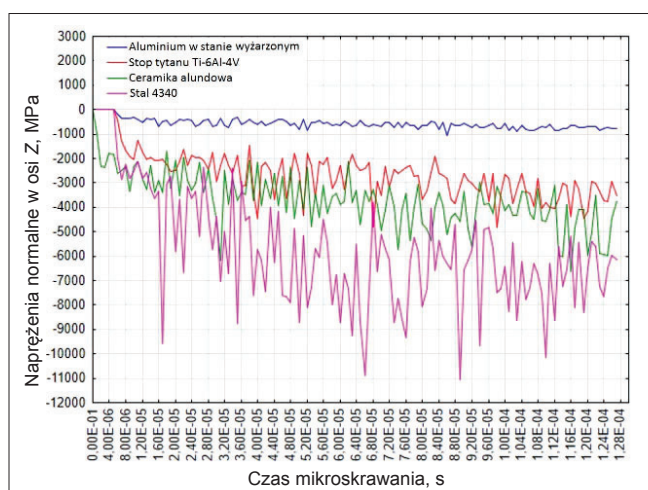
Rodzaj stali	A, MPa	B, MPa	C	n	m
Aluminium w stanie wyzarzonym	100	50	0,01	0,01	1,10
Stop Tytanu Ti-6Al-4V (Grade 5)	820	220	0,26	0,01	1,01
Ceramika alundowa	690	300	0,01	0,01	1,03
Stal 4340	792	510	0,26	0,14	1,03

Wyniki analizy numerycznej

Dzięki przeprowadzonym badaniom symulacyjnym zaobserwowano, że w wyniku oddziaływania pojedynczego ziarna ściernego na materiały o różnej plastyczności występują różnice postaci formowanych wiórów i wpływ (rys. 2) oraz zróżnicowanie częstości cyklicznych zmian wartości naprężeń normalnych w kierunku prostopadłym do kierunku mikroskrawania. Można więc stwierdzić, że nieciągłości w tworzeniu fragmentu oddzielonego materiału towarzyszy zmienność naprężeń normalnych (rys. 3).



Rys. 2. Mapy naprężeń zredukowanych Hubera-Misesa po mikroskrawaniu: a) aluminium w stanie wyżarzonym, b) stopu tytanu Ti-6Al-4V, c) ceramiki alundowej, d) stali 4340



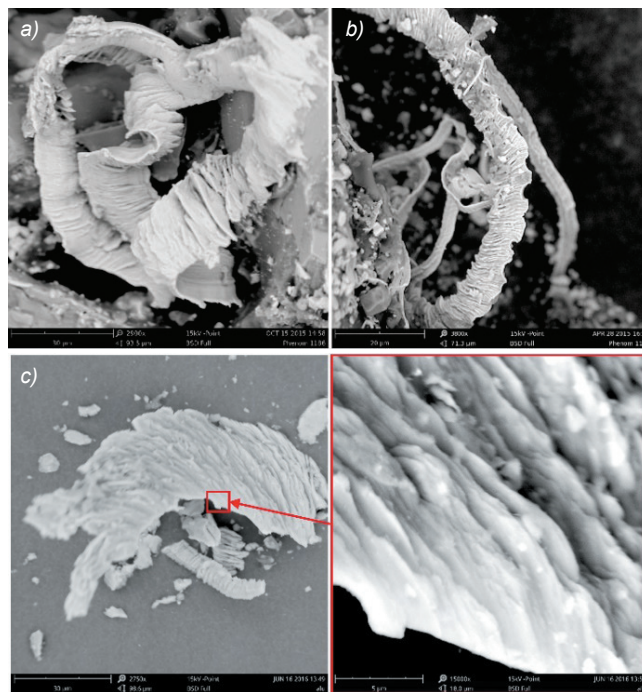
Rys. 3. Nieciągłość cyklicznych zmian naprężeń normalnych w kierunku prostopadłym do ruchu ostrza w procesie mikroskrawania materiałów o różnych właściwościach mechanicznych

Częstość cyklicznych zmian (rys. 3) w procesie oddziaływania materiału jest uzależniona od takich czynników, jak prędkości odkształceń oraz własności mechaniczne materiału, które w procesie mikroskrawania decydują o wielkości strefy intensywności odkształceń oraz strefy zastoju. Analizując wyniki dotyczące naprężeń, można dostrzec, że w momencie, gdy obrabiany materiał ulega spęczaniu, strefa intensywnych odkształceń narasta, a naprężenia rosną. Z kolei w momencie, gdy naprężenia osiągały wartości graniczne, następowało oddzielenie materiału w postaci płytki wióra.

Badania mikrowiórów z wykorzystaniem mikroskopu skaningowego

Na obrazach mikrowiórów zaobserwowano, że od strony wierzchołka natarcia ostrza skrawającego wióry są gładkie, natomiast z drugiej – mają charakterystyczną schodkową budowę (rys. 4), wskazującą na nieciągłość procesów mikroskrawania.

Analizując obrazy SEM i obrazy z symulacji komputerowych powstałych wiórow, można zaobserwować wspólne cechy. Wióry stopu tytanu Ti-6Al-4V mają dużą szerokość, jednolitą, zwartą budowę płytkową. Natomiast w procesie mikroskrawania oraz szlifowania stali 4340 wiór ma tendencję do formowania się w postaci wielu oddzielnych mikrowiórów.



Rys. 4. Obrazy SEM mikrowiórów powstałych w procesie szlifowania: a) stopu tytanu Ti-6Al-4V, b) stali 4340, c) aluminium w stanie wyżarzonym

Podsumowanie

Wyniki analiz symulacyjnych oraz obrazy SEM mikrowiórów pokazują, że mikronieciągłość procesu obróbki materiału o dużej plastyczności oraz małej wytrzymałości (aluminium w stanie wyżarzonym) uwidacznia się w postaci płytkowej budowy mikrowiórów o niewielkiej grubości płytek. Większa wytrzymałość materiału przy dość dużej plastyczności (titan Ti-6Al-4V) powoduje natomiast, że grubość płytek jest dużo większa.

Na postać schodkowej budowy mikrowiórów ma wpływ wielkość cyklicznych zmian naprężeń normalnych w kierunku prostopadłym do ruchu ostrza, która zależy od wytrzymałości oraz plastyczności obrabianego materiału.

LITERATURA

- 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.
- 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
- Outeiro J.C., Umbrello D., M'Saoubi R. "Experimental and numerical modelling of the residual stresses induced in orthogonal cutting of AISI 316L steel". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. Vol. 46 (2006): pp. 1786-1794.
- Sima M., Özel T. "Modified material constitutive models for serrated chip formation simulations and experimental validation in machining of titanium alloy Ti-6Al-4V". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. Vol. 50 (2010): pp. 943-960.
- Jaspers S.P.F.C., Dautzenberg J.H. "Material behavior in conditions similar to metal cutting: flow stress in the primary shear zone". *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 122 (2002): pp. 322-330.
- Lee W.S., Lin C.F. "High-temperature deformation behavior of Ti6Al4V alloy evaluated by high strain-rate compression tests". *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 75 (1998): pp. 127-136.
- 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.
- 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.