

# Fragmentowanie oraz frakcje wiórów podczas frezowania stopów magnezu

## Chip fragmentation and chips fractions in milling of magnesium alloys

JÓZEF KUCZMASZEWSKI  
IRENEUSZ ZAGÓRSKI\*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.230

Analizowano wpływ parametrów technologicznych ( $v_c$ ,  $f_z$ ,  $a_p$ ) oraz geometrii ostrza narzędzia ( $\gamma$ ) na powstawanie frakcji wiórów. Przedstawiono wyniki badań masy dla frakcji wiodącej wiórów ze stopu magnezu AZ91HP. Stwierdzono istotny wpływ parametrów technologicznych na jednostkową masę frakcji wiodącej wiórów.

**SŁOWA KLUCZOWE:** stopy magnezu, wióry, frezowanie, skrawalność

*The study investigated the impact of technological parameters ( $v_c$ ,  $f_z$ ,  $a_p$ ) and the end-mill geometry on the formation of chip fractions. The paper reports the results of the mass of a leading chip fraction made of AZ91HP alloy. The results show a significant influence of the technological parameters on the unit mass of the leading chip fraction.*

**KEYWORDS:** magnesium alloys, chips, milling, machinability

Materiałami konstrukcyjnymi często stosowanymi w przemyśle motoryzacyjnym, lotniczym i kosmicznym są stopy magnezu. Elementy odlewane ze stopów magnezu są konkurencyjne dla części z tworzyw polimerowych oraz popularnych stopów aluminium. Szczególnie istotnym elementem analizy bezpiecznej, a jednocześnie efektywnej realizacji procesów obróbkowych jest frakcja wiórów. Wióry stanowią realne zagrożenie ze względu na możliwość wystąpienia niekontrolowanego zapłonu podczas obróbki.

### Stan zagadnienia

Znaczna większość elementów obrabianych na potrzeby przemysłu lotniczego poddawana jest frezowaniu – zarówno w ramach obróbki wstępnej, zgrubnej, jak i wykończeniowej.

Wióry można klasyfikować na podstawie normy PN-ISO 3685:1996 „Badanie trwałości noży tokarskich punktowych” [8]. Norma ta dotyczy jednak tylko operacji toczenia stali lub żeliwa. Na charakterystykę kształtowanych wiórów mają wpływ m.in.: materiał obrabiany, materiał i geometria ostrza, stan i położenie krawędzi skrawających oraz parametry skrawania. Kształt wiórów zależy również w dużym stopniu od stanu odkształcenia i naprężenia, czyli tzw. mechanizmu dekohezji materiału w strefie tworzenia wióra [5].

Istotne ze względu na bezpieczeństwo obróbki są również budowa i kształt wiórów ze stopów magnezu. Ważne jest poszukiwanie śladów nadtopień lub przypaleń na powierzchni wiórów. Wióry ze stopów magnezu mają charakterystyczną budowę: z jednej strony ich powierzchnia jest gładka (skutek kontaktu powierzchni natarcia narzędzia z powierzchnią wióra), a z drugiej tworzą się tzw. płytkowe struktury lamelarne [2, 3, 5].

Podczas obróbki szybkościowej (HSM) wraz ze wzrostem prędkości skrawania maleją siły skrawania, co wpływa m.in. na zmniejszenie ilości ciepła generowanego w strefie skrawania oraz minimalizację deformacji wióra. Proces obróbkowy powinien więc być realizowany w zakresie parametrów technologicznych obejmujących zwiększone prędkości skrawania [1, 7].

Interesującym parametrem definiującym bezpieczeństwo jest temperatura zapłonu wiórów podczas obróbki oraz tzw. punkt zapłonu (jest on charakterystyczny dla danego gatunku stopu). Ryzyko zapłonu może wystąpić po przekroczeniu temperatury topnienia podczas obróbki (dla stopów Mg – ok. 500 °C) [5].

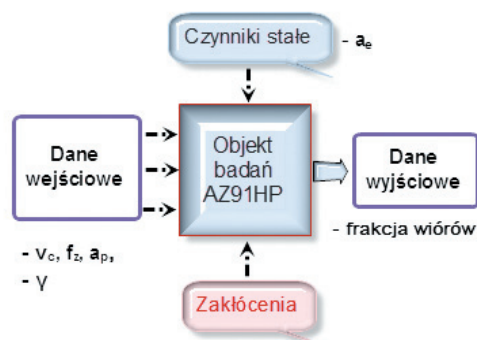
W pracach [3, 4] obserwowano zapłon podczas frezowania stopów magnezu (AM50A, AZ91D) w warunkach bardzo małej głębokości skrawania  $a_p$  – od kilku do kilkuset mikrometrów. Na rodzaj powstających wiórów (a przez to również rodzaj zapłonu) mają wpływ m.in.:

- prędkość skrawania,
- głębokość skrawania,
- gatunek stopu magnezu (jego skład chemiczny).

Punkt zapłonu popularnych stopów magnezu wynosi odpowiednio [6]: 644 °C dla stopu WE43, 628 °C dla stopu AZ31 oraz 600 °C dla stopu AZ91. Jednakże temperatura zapłonu zależy w znaczącym stopniu od szczegółów przeprowadzanego testu.

### Program, metodyka oraz cel badań

Na rys. 1 przedstawiono schematycznie plan prowadzonych badań. Ich głównym celem była analiza masy wiórów frakcji wiodącej.



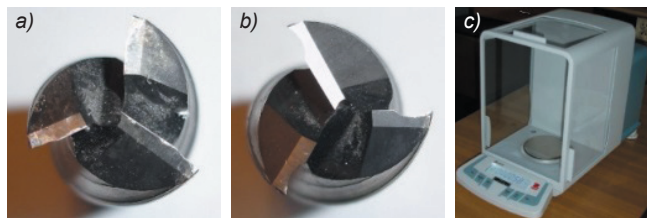
Rys. 1. Plan prowadzonych badań

Jako frakcję wiodącą rozumiemy w tej pracy frakcję o największej masie jednostkowej i najbardziej reprezentatywną w sensie ilościowym. Wyodrębnienie frakcji wiodącej (głównej) zaproponowano w oparciu o kształt i wielkość wióra.

W eksperymencie poddano analizie jedynie masę jednostkową wiórów frakcji wiodącej. W innych publikacjach autorów analizowane są również frakcje pośrednie wiórów.

\* Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski (j.kuczmaszewski@pollub.pl), dr inż. Ireneusz Zagórski (i.zagorski@pollub.pl) – Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji, Wydział Mechaniczny Politechniki Lubelskiej

Obróbkę frezowaniem prowadzono na pionowym centrum obróbkowym Avia VMC800HS. Jako narzędzia wykorzystano frezy węglikowe o średnicy  $d = 16$  mm z różną geometrią ostrza ( $\gamma = 5^\circ, 30^\circ$ ). Narzędzia przedstawiono na rys. 2a, b. Przyjęto stałą szerokość frezowania  $a_e = 14$  mm oraz zmienny zakres parametrów technologicznych frezowania:  $a_p = 0,5 \div 6,0$  mm,  $f_z = 0,05 \div 0,30$  mm/ostrze,  $v_c = 400 \div 1200$  m/min. W badaniach wykorzystano odlewniczy stop AZ91HP.



Rys. 2. Narzędzia węglikowe o różnej geometrii ostrza: a)  $\gamma = 5^\circ$ , b)  $\gamma = 30^\circ$  oraz c) analityczna waga laboratoryjna Discovery DV215CD

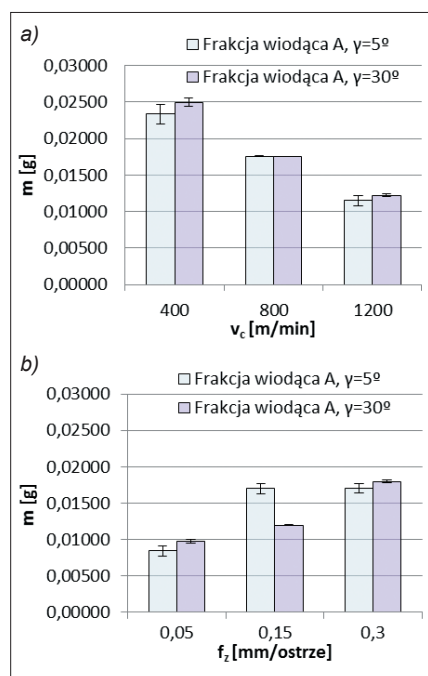
Do określenia masy jednostkowej wiórów wykorzystano wagę laboratoryjną DV215CD (rys. 2c). Jej dokładność pomiaru (rozdzielczość) kształtuje się na poziomie 0,00001g. Według danych producenta [9] powtarzalność pomiaru wagi jest definiowana odchyleniem standardowym równym 0,02 mg (dla zakresu ważenia do 81 g).

## Wyniki badań oraz ich analiza

Na rys. 3 przedstawiono wpływ prędkości skrawania  $v_c$  oraz posuwu na ostrze  $f_z$  na masę jednostkową frakcji wiodącej wiórów.

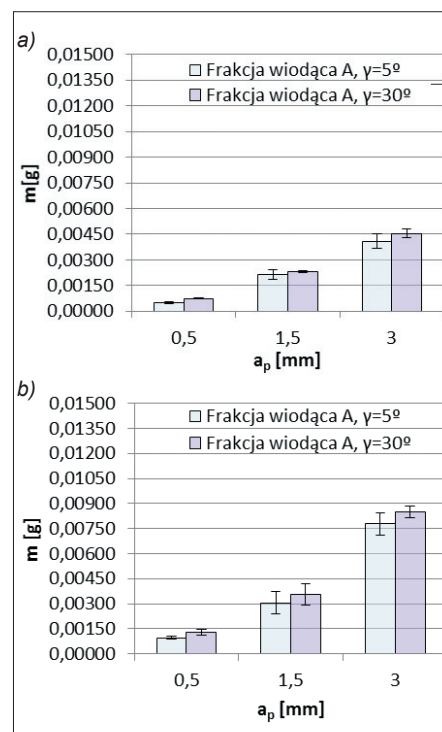
Na rys. 4 przedstawiono wpływ głębokości skrawania  $a_p$  na masę jednostkową frakcji wiodącej wiórów.

Wzrost  $v_c$  wpływa jednoznacznie na spadek średniej masy jednostkowej wiórów. Natomiast zmiana  $f_z$  powoduje wzrost przekroju warstwy skrawanej, a więc również wzrost masy wiórów frakcji wiodącej. Jednakowe tendencje występują dla obu narzędzi. W zakresie analizy tzw. frakcji wiodącej wiórów podczas zmiany głębokości skrawania  $a_p$  (rys. 4) obserwowano wzrost średniej masy jednostkowej wiórów. Podobnie jak w przypadku zmiany  $f_z$ , jest to związane ze wzrostem przekroju warstwy skrawanej.



Rys. 3. Wpływ zmiany: a) prędkości skrawania  $v_c$  ( $f_z = 0,15$  mm/ostrze,  $a_p = 6$  mm), b) posuwu na ostrze  $f_z$  ( $v_c = 800$  m/min,  $a_p = 6$  mm) na średnią masę jednostkową wiórów frakcji wiodącej

Rys. 4. Wpływ zmiany głębokości skrawania  $a_p$ : a)  $f_z = 0,05$  mm/ostrze, b)  $f_z = 0,15$  mm/ostrze ( $v_c = 800$  m/min) na średnią masę jednostkową wiórów frakcji wiodącej



## Podsumowanie

Przeprowadzony eksperyment oraz analiza wyników w kontekście bezpieczeństwa obróbki pozwalają na sformułowanie kilku ważnych wniosków:

- kąt natarcia nie wywiera istotnego wpływu na fragmentowanie w kontekście zróżnicowania masy frakcji wiodącej,
- wióry rozdrobnione są bardziej niebezpieczne ze względu na możliwość ich samozapłonu lub wybuchu pyłu magnezowego, stąd korzystnie jest unikać frezowania z małymi głębokościami skrawania i małymi posuwami,
- obróbka w zakresie HSC niestety wzmaga zjawisko fragmentowania wiórów; na podstawie porównania średniej masy wiórów można zauważyć, że dla 1200 m/min stanowi ona ok. 50% średniej masy wiórów uzyskiwanych przy  $v_c = 400$  m/min.

Dalsza analiza cech geometrycznych i masy wiórów stanowi istotną przesłankę dla technologii projektujących technologie obróbki stopów magnezu.

## LITERATURA

1. Akyuz B. „Machinability of magnesium and its alloys”. *TOJSAT: The Online Journal of Science and Technology*. Vol. 1, Iss. 3 (2011): pp. 31-38.
2. Fang F.Z., Lee L.C., Liu X.D. „Mean Flank Temperature Measurement in High Speed Dry Cutting”. *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 167, Iss. 1 (2005): pp. 119-123.
3. Hou J.Z., Zhou W., Zhao N. „Methods for Prevention of Ignition during Machining of Magnesium Alloys”. *Key Engineering Materials*. Vol. 447-448 (2010): pp.150-154.
4. Hou J.Z., Zhou W., Zhao N. „Effect of Cutting Parameters on Ignition of AM50A Mg Alloy during Face Milling”. *Materials and Manufacturing Processes*. Vol. 25, Iss. 10 (2010): pp. 1048-1051.
5. Kuczmaszewski J., Zagórski I. „Badania fragmentowania wiórów w procesie frezowania stopów magnezu”. *Mechanik*. Nr 8-9 (2014): s. 321-328.
6. Liu M., Shih D.S., Parish C., Atrens A. „The ignition temperature of Mg alloys WE43, AZ31 and AZ91”. *Corrosion Science*. Vol. 54 (2012): pp. 139-142.
7. Ocoś K.E. „Rozszerzenie granic stosowalności stopów magnezu”. *Mechanik*. Nr 5-6 (2009): s. 386-400.
8. Polska Norma „Badanie trwałości noży tokarskich punktowych”. PN-ISO 3685:1996.
9. <http://www.wagielektroniczne.com.pl> (dostęp: 6.07.2016 r.).