

# Wpływ modyfikacji zarysu ostrza freza na wysokowydajną obróbkę stopu aluminium

The influence of cutting edge modification on high performance machining of aluminum alloy

JAN BUREK  
MARCIN PŁODZIEN  
ŁUKASZ ŻYŁKA \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.326

Przedstawiono wpływ zmiany zarysu krawędzi skrawającej frezów trzpieniowych na proces wysokowydajnego frezowania stopów aluminium, w szczególności na siły skrawania oraz amplitudę drgań.

**SŁOWA KLUCZOWE:** frez, obróbka wysokowydajna, stopy aluminium

*The influence of changes the of shape of the cutting edge of end mill cutter for milling process in high performance cutting aluminum alloy were presented. In particular the results of the cutting force and vibration amplitude results were presented.*

**KEYWORDS:** milling cutter, high performance cutting, aluminum alloy

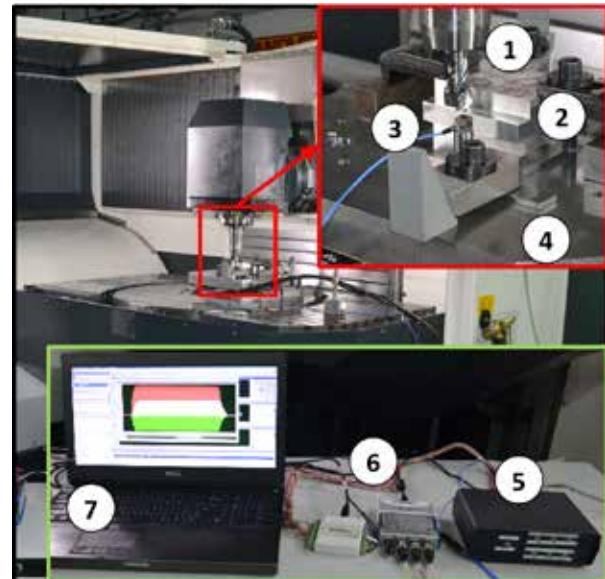
Stopy aluminium są powszechnie stosowane w przemyśle lotniczym w postaci elementów konstrukcyjnych kadłubów (wręgi). Konstrukcje te wykonywane są obecnie zazwyczaj z jednego bloku materiału, co wiąże się z koniecznością usuwania poprzez skrawanie nawet 90% materiału [1÷3, 5]. Dlatego też obróbka takich elementów realizowana jest metodą frezowania wysokowydajnego HPC (High Performance Cutting) [4]. Duże prędkości skrawania i posuwów oraz głębokości skrawania przy obróbce HPC, w porównaniu z obróbką konwencjonalną, wymagają odpowiednich materiałów narzędziowych, odpowiednich makro- i mikrogeometrii narzędzia, dużej dokładności jego ruchu obrotowego, wysokiej sztywności statycznej i dynamicznej [4÷6]. W frezowaniu HPC podstawowym problemem jest kształt i sposób odprowadzenia wiórów, co zależy między innymi od geometrii narzędzia. Ze względu na to, że frez pracuje głównie powierzchnią walcową, ważne jest ukształtowanie zarysu krawędzi skrawającej ostrzy walcowych [7]. Stąd też poszukuje się nowych rozwiązań kształtu krawędzi skrawającej, aby jak najefektywniej kształtować wiór i jednocześnie nie pogarszać dynamiki procesu.

## Badania doświadczalne

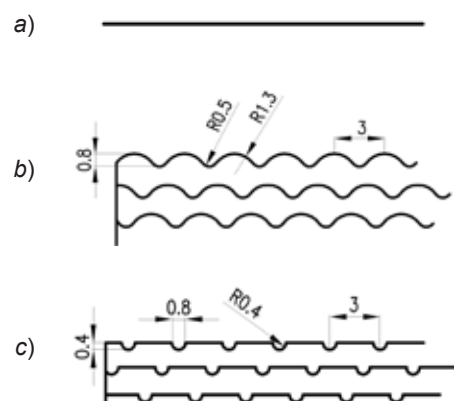
Badania frezowania HPC zrealizowano na centrum obróbkowym DMU100 monoBlock firmy DMG (rys. 1). Pomiar siły skrawania wykonano stosując platformę pomiarową złożoną z czterech pojedynczych 3-składowych piezoelektrycznych siłomierzy firmy Kistler typu 9601A31. Pomiar amplitudy drgań realizowano za pomocą 3-składowego czujnika drgań PCB 356B21.

Do badań wykorzystano frezy trzpieniowe monolityczne pełnowęglkowe o średnicy  $d = 20$  mm i różnym zarysie krawędzi skrawającej (rys. 2). Próbki wykonano ze stopu aluminium AlZn5.5MgCu (7075).

\* Dr hab. inż. Jan Burek (jburek@prz.edu.pl), mgr inż. Marcin Płodzień (plodzien@prz.edu.pl), dr inż. Łukasz Żyłka (zylka@prz.edu.pl) – Politechnika Rzeszowska Katedra Technik Wytwarzania i Automatykacji

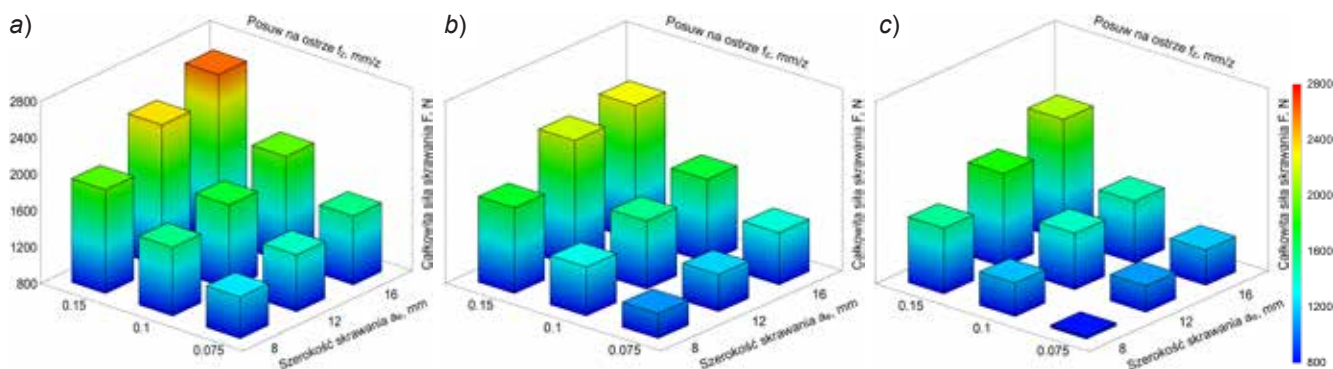
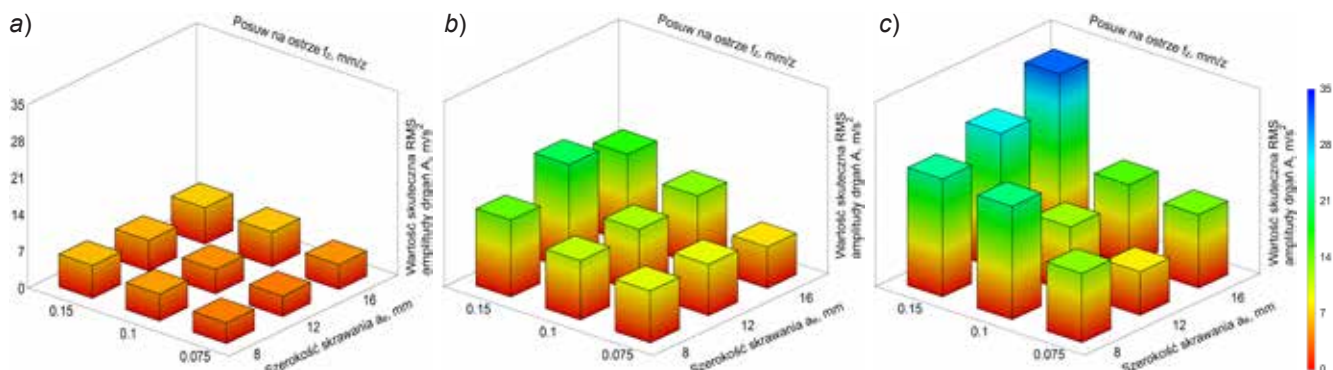


Rys. 1. Stanowisko badawcze: 1 – narzędzie, 2 – próbka, 3 – czujnik drgań, 4 – siłomierz, 5 – sterownik wzmacniacza, 6 – przetwornik A/C, 7 – komputer



Rys. 2. Badane zarysy krawędzi skrawającej: a) liniowy, b) falisty, c) przezwany

Badania zrealizowano przy stałych parametrach skrawania: prędkość skrawania  $v_c = 694$  m/min i głębokość skrawania  $a_p = 15$  mm. Pozostałe parametry zmieniano w zakresie: szerokość skrawania  $a_e = 8; 12; 16$  mm i posuw na ostrze  $f_z = 0,075; 0,1; 0,15$  mm/z. Przyjęto trzy zestawy parametrów, dla których wydajność objętościowa była stała. Posłużyło to do określenia stopnia wpływu zmiany posuwu na ostrze oraz szerokości skrawania na siłę skrawania i amplitudę drgań. Wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 3 i 4.

Rys. 3. Siła skrawania  $F$  dla frezów o zarysie linii ostrza: a) ciągłym, b) przerywanym, c) falistymRys. 4. Wartość skuteczna amplitudy drgań  $A$  dla frezów o zarysie linii ostrza: a) ciągłym, b) przerywanym, c) falistym

Z przedstawionych wyników badań wynika, że najmniejsze siły skrawania występują dla freza z falistym zarysem krawędzi skrawającej. Średnia wartość siły ze wszystkich prób była niższa o ok. 12%, w stosunku do freza o zarysie przerywanym i o ok. 23% niższa w porównaniu do freza o zarysie ciągłym prostym. Można zaobserwować, że wzrost posuwu na ostrze prowadzi do znacznie większych wartości siły skrawania niż wzrost szerokości skrawania dla tej samej wielkości wydajności obróbki. Przykładowo, dla freza z falistą krawędzią skrawającą, przy stałej wydajności  $Q_v = 594 \text{ cm}^3/\text{min}$  zarejestrowano dla pary parametrów technologicznych  $a_e = 8 \text{ mm}$  i  $f_z = 0,15 \text{ mm/z}$  siłę  $F = 1520 \text{ N}$ , a dla pary parametrów technologicznych  $a_e = 16 \text{ mm}$  i  $f_z = 0,075 \text{ mm/z}$  niższą siłę wynoszącą  $F = 1190 \text{ N}$ . Wynika to z silnej zależności oporu właściwego skrawania od średniej grubości warstwy skrawanej, która to z kolei zależy od posuwu. Dlatego też zwiększenie wydajności frezowania można korzystnie osiągnąć poprzez zwiększanie szerokości skrawania. Wzrost wartości posuwu powoduje znaczny wzrost siły skrawania i obciążenia energetycznego obrabianej powierzchni.

Zupełnie odwrotny trend zaobserwowano dla rejestrowanej amplitudy drgań. Najniższe wartości amplitudy zarejestrowano dla klasycznego freza o ciągłej, prostej krawędzi skrawającej. Wprowadzenie modyfikacji zarysu ostrza w każdym przypadku spowodowało znaczny wzrost amplitudy drgań. Najwyższe wartości parametru  $A$  zanotowano dla freza o falistej krawędzi skrawającej. Średni wzrost amplitudy drgań był ponad 3,5-krotny w porównaniu do freza o ciągłej prostej krawędzi skrawającej. Nieco niższe wartości amplitudy drgań zaobserwowano dla freza o zarysie przerywanym. Średnia wartość parametru  $A$  była 2,5 razy większa w porównaniu do freza klasycznego. Ponadto dla frezów z zmodyfikowaną krawędzią skrawającą można wyodrębnić zakresy parametrów, dla których proces frezowania jest stabilniejszy. Dodatkowo zaobserwowano, że wzrost posuwu na ostrze prowadzi do większych drgań niż wzrost szerokości skrawania.

## Podsumowanie

Proces obróbki wysokowydajnej charakteryzuje się występowaniem stosunkowo dużych wartości siły skrawania. Wpływa to niekorzystnie na stabilność procesu obróbki, wytrzymałość narzędzia oraz odkształcenia sprężyste przedmiotu obrabianego. Dlatego też geometria frezów powinna być odpowiednio modyfikowana aby uzyskać obniżenie siły skrawania.

Z przeprowadzonych badań wynika, że biorąc pod uwagę minimalizację siły skrawania najkorzystniejszym zarysem okazał się zarys falisty. Jednakże obniżenie siły skrawania i rozdrobnienie wiórów wiąże się niestety ze znacznym, wielokrotnym wzrostem amplitudy drgań. Podobne zjawisko zaobserwowano dla freza o zarysie przerywanym. Wynika z tego, że stosowanie frezów o zmodyfikowanym zarysie ostrza wymaga dużej sztywności układu OUPN.

## LITERATURA

1. Rekers S., Auerbach T., Veselovac D., Klocke F. „Cutting force reduction in the milling of aluminum alloys with serrated cutting tool edges”. *Journal of Machine Engineering*. Vol. 15, No. 4 (2015): pp. 27÷36.
2. Burek J., Żyłka Ł., Gdula M., Płodzień M. „Wpływ zarysu linii ostrza freza na siłę skrawania w procesie wysokowydajnej obróbki stopu ALZn5.5MgCu”. *Mechanik*. Nr 8-9 CD (2015): s. 275÷284.
3. Subramanian M., Sakthivel M., Sooryaprakash K., Sudhakaran R. „Optimization of cutting parameters for cutting force in shoulder milling of Al7075-T6 using response surface methodology and genetic algorithm”. *Proc Eng*. Vol. 64 (2013): pp. 690÷700.
4. Oczó K.E., Kawalec A. „Kształtowanie metali lekkich”. PWN Warszawa (2012).
5. Songmene V., Khebbabi R., Zaghbani I., Kouam J., Djebara A. „Machining and Machinability of Aluminum Alloys, Aluminium Alloys, Theory and Applications”. *InTech* (2011): pp. 377÷400.
6. Dombovari Z., Altintas Y., Stepan G. „The effect of serration on mechanics and stability of milling cutters”. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. Vol. 50, No. 6 (2010): pp. 511÷520.
7. Cichosz P. „Narzędzia skrawające”. WNT Warszawa (2006).