

Dr hab. inż. Jan BUREK, prof. PRz; dr inż. Łukasz ŻYŁKA;
mgr inż. Marcin PŁODZIEN; mgr inż. Michał GDULA (Politechnika Rzeszowska):

WPLYW ZARYSU LINII OSTRZA FREZU NA SIŁĘ SKRAWANIA W PROCESIE WYSOKOWYDAJNEJ OBRÓBKII STOPU AlZn5.5MgCu

Streszczenie

Zaprezentowano wyniki badań wpływu zmiany zarysu linii ostrza frezu palcowego na przebieg składowych sił skrawania podczas wysokowydajnego frezowania stopu aluminium AlZn5.5MgCu . Badano następujące zarysy linii ostrza: sinusoidalny ciągły, przerywany o zarysie trapezowym, prostokątnym, okrągłym i trójkątnym.

Słowa kluczowe: wysokowydajna obróbka, stopy aluminium, siły skrawania, zarys linii ostrza

THE INFLUENCE OF THE CUTTER EDGE CONTOUR LINE ON THE CUTTING FORCES IN THE HIGH PERFORMANCE CUTTING OF AlZn5.5MgCu ALUMINUM ALLOY.

Abstract

In the paper there will be presented research results of the influence of cutter edge contour line on the values of cutting force components in the high-performance cutting AlZn5.5MgCu alloy. There were used the following cutting edge contour lines: sinusoidal continuous and interrupted: trapezoidal, rectangular, circular and triangular.

Key word: high performance cutting, aluminum alloys, cutting forces, cutter edge line

WPLYW ZARYSU LINII OSTRZA FREZA NA SIŁĘ SKRAWANIA W PROCESIE WYSOKOWYDAJNEJ OBRÓBKI STOPU $AlZn5.5MgCu$

Jan BUREK¹, Łukasz ŻYŁKA¹, Marcin PŁODZIEN¹, Michał GDULA¹

1. WSTĘP

Stopy aluminium dzięki swoim unikalnym właściwościom, przede wszystkim niskiej gęstości i dużej wytrzymałości właściwej, znalazły powszechne zastosowanie w budowie maszyn, głównie w lotnictwie, kosmonautyce i motoryzacji. Stopem najczęściej stosowanym w przemyśle lotniczym jest stop aluminium do przeróbki plastycznej $AlZn5.5MgCu$ (7075). Stop ten jest stosowany w konstrukcji elementów nośnych samolotów takich jak: wręgi, podłużnice i dźwigary kadłuba samolotu. Do niedawna tego typu elementy wykonywane były jako złożenia wielu elementów zespalanych ze sobą za pomocą połączenia nitowego.

W wyniku rozwoju obrabiarek 5-osiowych sterowanych CNC oraz systemów CAD/CAM, obecnie możliwe jest wytwarzanie tych elementów konstrukcyjnych w postaci integralnej jednolitej struktury, z pełnego bloku za pomocą frezowania wysokowydajnego [1]. Niejednokrotnie w przypadku obróbki tego typu konstrukcji usuwane jest ponad 90% materiału w postaci wiórów. Cechą charakterystyczną złożonej struktury jest jej cienkościenność oraz duża liczba obszarów zamkniętych o relatywnie dużej głębokości. Widok takiej integralnej złożonej struktury przedstawiono na rys. 1 [1,2].

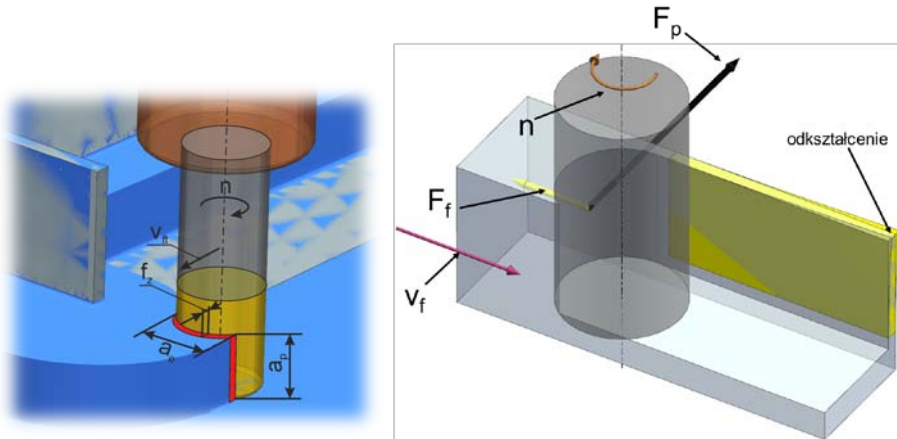
Z uwagi na cienkościenność struktur nośnych wykonanych ze stopów aluminium oraz dużą objętość usuwanego materiału, obróbka ubytkowa tych elementów realizowana jest wieloetapowo. Pierwszy etap polegający na obróbce zgrubnej oraz kształtującej wykonywany jest metodą obróbki wysokowydajnej HPC (ang. High Performance Cutting), która polega na usuwaniu materiału w jak najkrótszym czasie. Drugi etap to obróbka wykończeniowa niewielkich naddatków realizowana z dużymi prędkościami skrawania HSC (ang. High Speed Cutting) [3].

¹ Politechnika Rzeszowska, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów



Rys. 1. Integralna złożona struktura wykonana ze stopu aluminium [4]

W niniejszej pracy analizowana będzie obróbka HPC. Charakteryzuje się ona dużym przekrojem warstwy skrawanej, który jest efektem stosowania dużych wartości parametrów technologicznych, głębokości a_p i szerokości skrawania a_e oraz posuwu na ostrze f_z (rys.2).



Rys. 2. Parametry przekroju warstwy skrawanej i składowe siły frezowania HPC

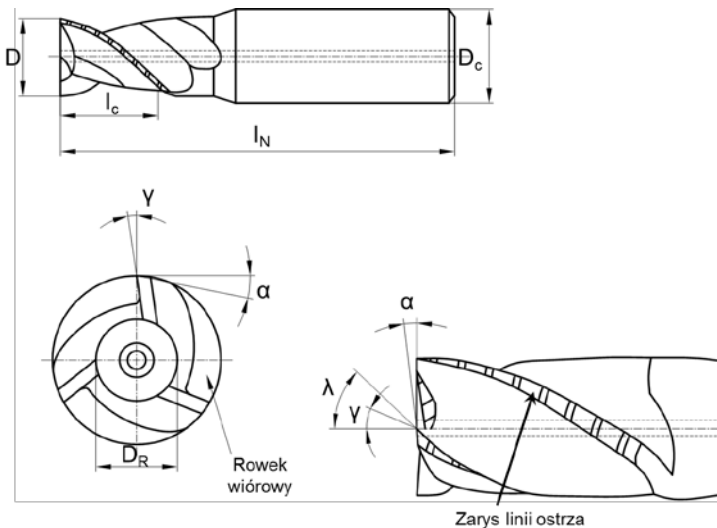
Duże wartości parametrów technologicznych takich jak posuw na ostrze, głębokość i szerokość skrawania generują stosunkowo duży przekrój warstwy skrawanej, który ma wpływ na składowe siły skrawania oraz wielkość wióra. Duże wartości składowej odporowej F_p mogą powodować odkształcenie ścianek złożonej struktury. Z kolei duża wartość składowej posuwowej F_f zwiększa ryzyko powstawania drgań samowzbudnych podczas obróbki.

Poza tym duży przekrój warstwy skrawanej zwiększa ryzyko zalepienia rowków wiórowych. Gromadzące się wióra w obszarach zamkniętych na skutek trudności z ich odprowadzeniem utrudniają dostarczanie chłodziwa do strefy skrawania. Może to w konsekwencji prowadzić do uszkodzenia zarówno obrabianego przedmiotu jak też samego narzędzia. Stąd też ciągle poszukuje się takich makrogeometrii narzędzi, które umożliwią odprowadzenie wiórów i pozwolą również zmniejszyć składowe siły skrawania [6].

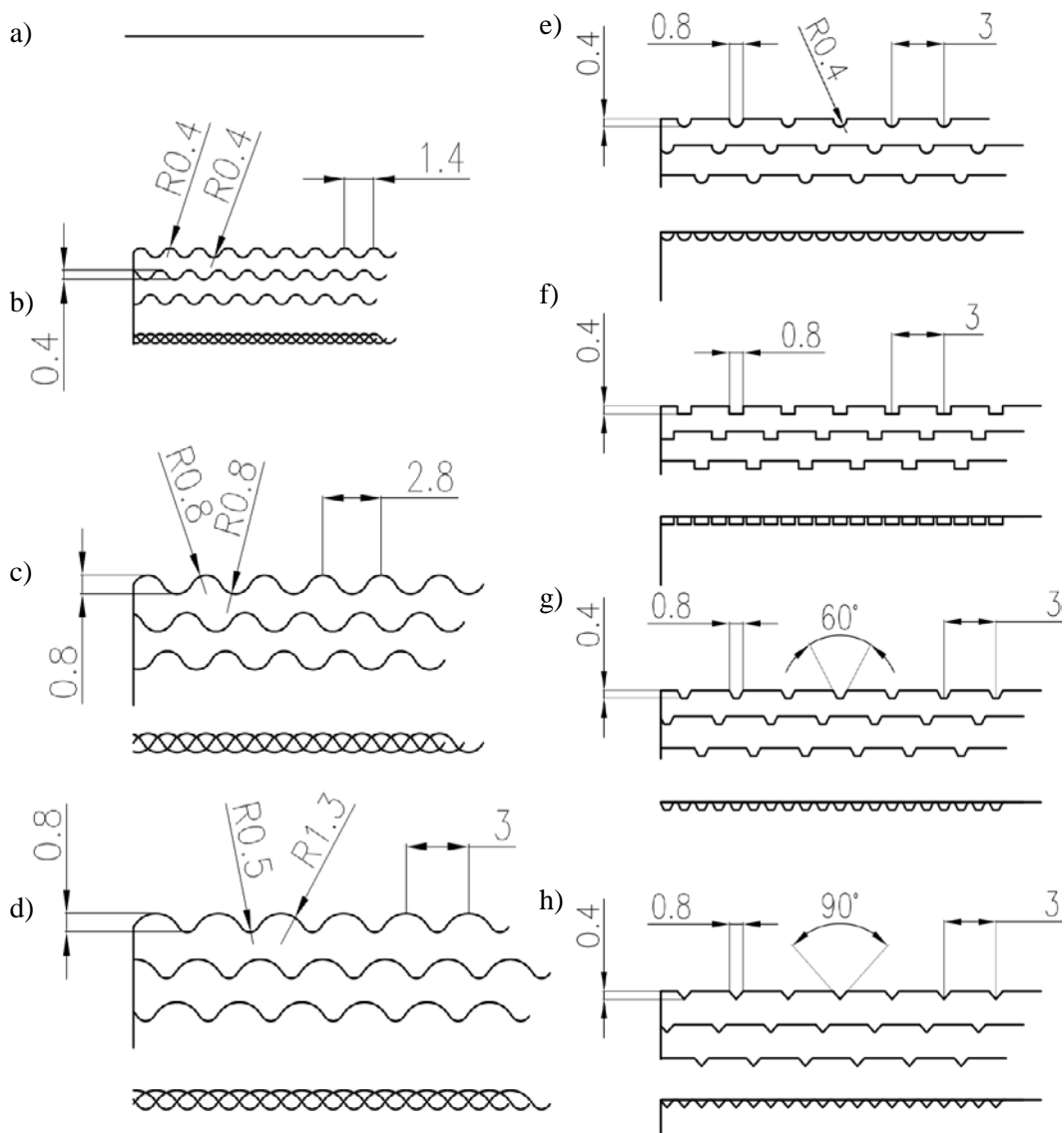
Jednym z istotnych parametrów makrogeometrii jest ukształtowanie zarysu linii ostrza, który wpływa na postać i wielkość wiórów. Mimo iż ostrza frezów, których charakter pracy jest cykliczny, powodują tworzenie się wiórów odcinkowych, to jednak w szczególności w obróbce HPC stosowane są rozdzielacze wiórów w postaci zaszlifowywanych rowków na krawędziach skrawających, a nawet pofalowań krawędzi skrawających [3]. Rozdzielacze te są przesunięte względem siebie na kolejnych ostrzach, co powoduje łamanie wióra na jego szerokości.

2. WARUNKI BADAŃ

Zastosowano frezy palcowe monolityczne pełnowęglkowe o średnicy $D=20$ mm i różnej makrogeometrii zarysu linii ostrza (rys.3, rys.4). Do badań przyjęto osiem różnych geometrii linii ostrza. Pozostałe parametry makrogeometrii przyjęto jako stałe i wynosiły odpowiednio: kąt natarcia $\gamma=10^\circ$, kąt przyłożenia $\alpha=12^\circ$ oraz kąt nachylenia linii ostrza $\lambda=30^\circ$, geometria rowka wiórowego, liczba ostrzy skrawających $z=3$, długość ostrzy skrawających $l_c=30$ mm, długość wysięgu $L_w=50$ mm.

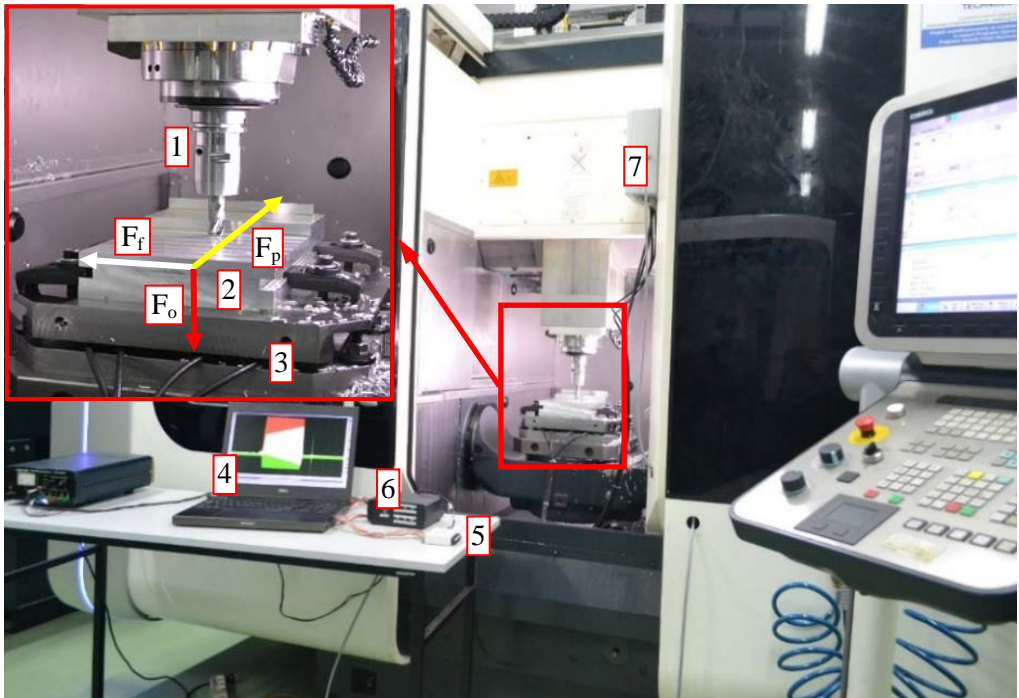


Rys. 3. Parametry makrogeometryczne frezów palcowych pełnowęglkowych



Rys. 4. Badane zarysy linii ostrza: a) ciągły, b) sinusoidalny drobny, c) sinusoidalny gruby, d) sinusoidalny zmienny, e) przerywany okrągły, f) przerywany prostokątny, g) przerywany trapezowy, h) przerywany trójkątny

Próby frezowania HPC zrealizowano na 5-osiowym centrum obróbkowym HSC 55 Linear firmy DMG (rys.5).

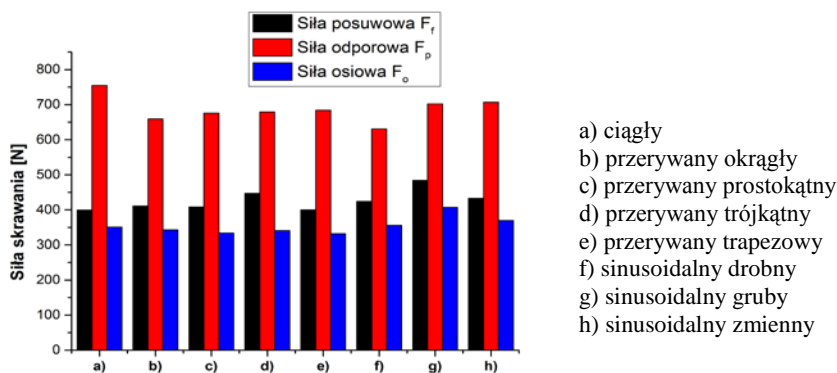


Rys. 5. Stanowisko badawcze: 1- narzędzie, 2 - stop aluminium, 3 - platforma sił skrawania, 4 - komputer, 5 - przetworniki A/C, 6 - sterowanie wzmacniaczy, 7 - układ sumowania i wzmacniania ładunku.

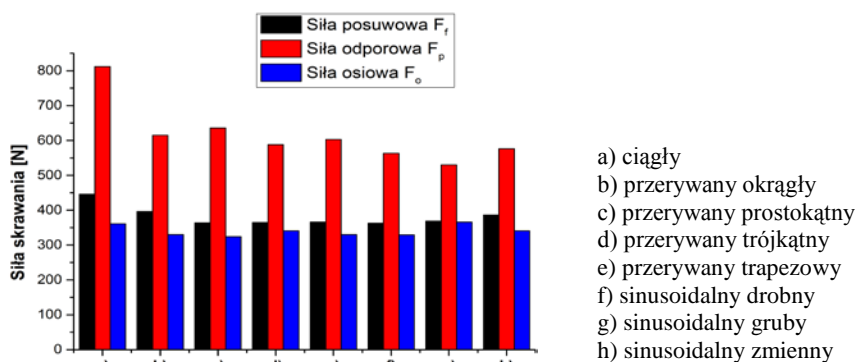
Obrabiarkę wyposażono w specjalnie do tego celu zaprojektowany układ pomiarowy, który składa się z platformy pomiarowej siły skrawania złożonej z czterech pojedynczych 3-składowych piezoelektrycznych siłomierzy firmy Kistler typu 5073. Z uwagi na dużą strefę obróbki powierzchni obrabianego przedmiotu niezbędne było wykonanie własnej platformy pomiarowej. Badania przeprowadzono frezując stop aluminium AlZn5.5MgCu (7075) przy zachowaniu stałej wydajności objętościowej równej $Q_w = 280 \text{ cm}^3/\text{min}$. Przyjęto następujące stałe parametry technologiczne: prędkość skrawania $v_c = 600 \text{ m/min}$ oraz szerokość skrawania $a_e = 7 \text{ mm}$. Zmienne parametry skrawania to posuw na ostrze $f_z = 0.26; 0.053; 0.088 \text{ mm/z}$ i głębokość skrawania $a_p = 5; 15; 25 \text{ mm}$. Przeprowadzono próby frezowania współbieżnego dla wszystkich zarysów linii ostrza.

3. WYNIKI BADAŃ

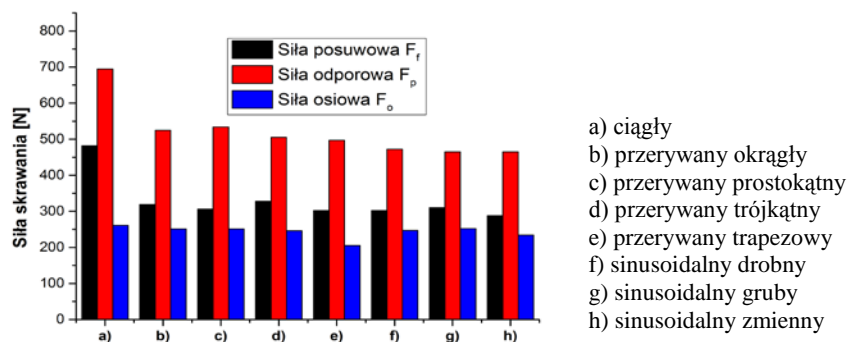
Wartości składowych siły skrawania dla różnych wariantów zarysu linii ostrza przedstawiono na rys. 6÷8 [6].



Rys. 6. Składowe siły skrawania dla parametrów: $a_p=5\text{mm}$, $a_e=7\text{mm}$, $v_c=600\text{ m/min}$, $f_z=0.26\text{ mm/z}$



Rys. 7. Składowe siły skrawania dla parametrów: $a_p=15\text{mm}$, $a_e=7\text{mm}$, $v_c=600\text{ m/min}$, $f_z=0.09\text{ mm/z}$



Rys. 8. Składowe siły skrawania dla parametrów: $a_p=25\text{mm}$, $a_e=7\text{mm}$, $v_c=600\text{ m/min}$, $f_z=0.05\text{ mm/z}$

Analizując uzyskane wyniki badań dla głębokości skrawania $a_p=5$ mm oraz dla posuwu na ostrze $f_z=0.26$ mm/z można zauważyć, że wartości siły odporowej F_p były dla wszystkich zarysów przerywanych niższe o około 10%, w stosunku do zarysu o linii ciągłej (rys 6). Najlepsze wyniki uzyskano dla freza o zarysie linii ostrza sinusoidalnym drobnym dla którego wartość siły odporowej była niższa o 16%.

Analizując siłę posuwową F_f zauważono jej wzrost dla niektórych zarysów linii ostrza. Największy wzrost otrzymano dla zarysu linii ostrza sinusoidalnego o większej podziałce. Wartość tej siły była wyższa o 21% w stosunku do zarysu o ciągłej linii ostrza. Dla pozostałych zarysów linii ostrza wzrost siły posuwowej wyniósł od 1% do 11%. Analizując siłę osiową F_o można zauważyć, że prawie dla wszystkich zarysów uzyskano rozrzut jej wartości na poziomie około 5%. Jedynie dla freza o zarysie sinusoidalnym grubym wzrost siły był wyższy i wyniósł około 11%.

Lepsze rezultaty uzyskano dla prób frezowania o większych wartościach głębokości skrawania a_p i mniejszym posuwie na ostrze f_z . Dla wszystkich stosowanych zarysów linii ostrza przy głębokości frezowania $a_p=15$ mm i posuwie $f_z=0.09$ mm/z, wartość siły odporowej była niższa o około 25% w stosunku do ciągłej linii ostrza (rys. 7). Najlepszy rezultat uzyskano dla freza o zarysie sinusoidalnym grubym, dla którego wartość siły odporowej była niższa o około 35%. Również dla niższych wartości parametrów a_p i f_z występuje obniżenie wartości siły posuwowej F_f . Jej wartość dla analizowanych zarysów, była niższa od 10% do nawet 19%. Najniższą wartość siły posuwowej uzyskano dla zarysu przerywanego trapezowego. Mniejsze wartości siły posuwowej i odporowej przełożyły się również na zmniejszenie wartości siły osiowej F_o , która była o około 11% mniejsza niż dla freza o zarysie linii ciągłej.

Analizując uzyskane wyniki dla głębokości skrawania $a_p=25$ mm i posuwu na ostrze $f_z=0.05$ mm/z, również uzyskano duże obniżenie składowej siły odporowej F_p dla wszystkich zarysów linii ostrza (rys.8). Wartość tej siły była niższa średnio o 26%, w stosunku do zarysu o ciągłej linii ostrza. Najlepsze rezultaty uzyskano dla zarysów falistych, dla których średnia wartość siły odporowej była niższa nawet o 33%. Wartość średnia siły posuwowej F_f , dla wszystkich zastosowanych zarysów, była niższa o około 36% w stosunku do freza o ciągłym zarysie linii ostrza. Najniższe wartości uzyskano dla frezów o zarysie przerywanym prostokątnym, trapezowym i sinusoidalnym drobnym. Natomiast składowa siła osiowej F_o dla wszystkich zarysów linii ostrza charakteryzuje się niewielkim rozrzutem wartości na poziomie około 5%.

Z przedstawionych wykresów widać również, że wartość siły odporowej F_p dla freza o ciągłej linii ostrza, kształtowała się na poziomie $700 \div 820$ N, siła posuwowa F_f osiągała wartości $400 \div 480$ N, natomiast siła osiowa F_o kształtowała się w przedziale $270 \div 370$ N.

4. WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynika, że występuje istotny wpływ ukształtowania zarysu linii ostrza na wartości składowych siły skrawania: odporowej F_p i posuwowej F_f oraz w mniejszym stopniu na składową osiową F_o , która w głównej mierze uzależniona jest szerokości frezowania oraz kąta pochylenia linii ostrza. Z przeprowadzonych badań wynika, że zastosowanie frezów o różnym ukształtowaniu linii ostrza przy małych głębokościach skrawania, powoduje nieznaczne obniżenie siły odporowej F_p , na poziomie około 10% w stosunku do freza o ciągłej linii ostrza. Lepsze rezultaty osiągnięto przy większych głębokościach skrawania $a_p=15; 25$ mm, gdzie wszystkie składowe siły skrawania uległy zmniejszeniu. Składowa siła odporowej F_p o ok. 20 -30%, składowa siły posuwowej F_f o ok. 10 – 30%, natomiast wartość siły osiowej F_o była niższa o zaledwie niecałe ok. 10%. Analizując otrzymane wyniki przy różnych głębokościach skrawania i posuwie można zauważyć dominujące zarysy linii ostrza, dla których uzyskano najniższe wartości składowych skrawania, głównie składowej odporowej.

LITERATURA

- [1] Burek J., Płodzień M.: Wysoko wydajna obróbka części ze stopów aluminium o złożonych kształtach. Mechanik nr 7/2012, s.
- [2] Oczó K. E.: Obróbka wysokowydajna - (HPC). Mechanik nr 11/ 2004, s. 701-709.
- [3] Cichosz P. : Narzędzia skrawające. WNT, Warszawa 2006.
- [4] Fiedler U.: Prozesssicherheit beim HSC-Fräsen von Aluminium-Knetlegierungen, Dr.-Ing. Dissertation, Aachen 2003.
- [5] Andrae P.: Hochleistungserspanung von Aluminiumknetlegierungen, Dr.-Ing. Dissertation, Hannover 2002.
- [6] Płodzień M. : Wpływ wybranych parametrów makrogeometrii freza na obróbkę wysokowydajną stopu aluminium AlZn5.5MgCu (7075). Praca doktorska – w realizacji.