

Ireneusz Zagórski, Paweł Pieško <sup>1)</sup>

## BADANIA PORÓWNAWCZE CHROPOWATOŚCI POWIERZCHNI WYBRANYCH STOPÓW MAGNEZU PO FREZOWANIU NARZĘDZIEM PEŁNOWĘGIKOWYM ORAZ PKD

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono: zastosowanie obróbki frezowaniem, właściwości wybranych stopów Mg, przykłady elementów lotniczych wykonywanych ze stopów Mg, problematykę obróbki oraz skrawalność stopów lekkich w oparciu o dane literaturowe oraz dotychczasowe badania, program oraz metodykę przeprowadzonych badań, podsumowanie, wnioski wynikające z przeprowadzonych badań oraz dane literaturowe.

**Słowa kluczowe:** frezowanie, stopy magnezu, elementy lotnicze, skrawalność.

### WSTĘP

Większość elementów wykonywanych na potrzeby przemysłu lotniczego poddawana jest obróbce frezowaniem. Jako półfabrykaty stosuje się odlewy ciśnieniowe (wykonywane ze stopów Al oraz stopów Mg) lub monolityczne bloki (głównie ze stopów Al), z których wytwarzane są później tzw. elementy kieszeniowe [1, 6]. Frezowanie, np. powierzchni uszczelniających i przylegania [3, 4], stanowi częsty zabieg obróbkowy, wykonywany na odlewach ciśnieniowych ze stopów Mg. Jako narzędzia wykorzystuje się głównie głowice frezarskie lub frezy walcowo-czołowe. Materiałem narzędziowym, w przypadku narzędzi monolitycznych, są głównie węgliki spiekane lub wlutowywane wkładki z polikrystalicznego diamentu. Dotychczasowe badania [2] potwierdziły lepszą skrawalność (ze względu na chropowatość powierzchni) stopów Mg w porównaniu do popularnych stopów Al (3031, 7075, AlSi10Mg). Również z badań własnych [5] wynika lepsza skrawalność stopu AZ31 w porównaniu do stopu AZ91 ze względu na chropowatość powierzchni obrobionej.

### WŁAŚCIWOŚCI, ZASTOSOWANIE I PRZYKŁADY WYBRANYCH STOPÓW MG

Stopy magnezu są specyficzną grupą materiałów, które ze względu na niewielką gęstość ( $\rho=1,8\text{g/cm}^3$  dla stopu AZ91HP oraz  $\rho=1,77\text{g/cm}^3$  dla stopu AZ31) są zaliczane do grupy metali lekkich. Tabela 1 podaje przybliżony skład chemiczny wymienionych stopów Mg.

<sup>1</sup> Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska.

Tabela 1. Skład chemiczny wybranych stopów magnezu [6]

Table 1. The chemical composition of selected magnesium alloys [6]

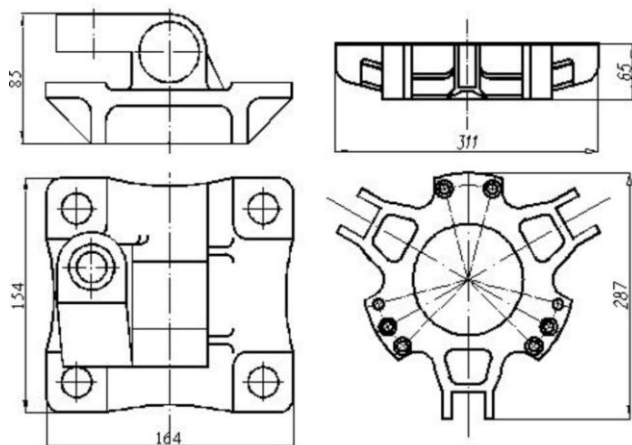
Gatunek	Skład chemiczny [%]									
	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Si	Fe	Ti	Al	inne
AZ31	0,05	0,2-0,1	reszta	-	0,7-1,3	-	-	-	2,5-3,5	Ca 0,04
AZ91HP	0,016	0,17	reszta	-	0,72	0,03	0,002	-	9,45	Ni 0,025

Podstawowe parametry wytrzymałościowe wybranych stopów magnezu są następujące:

- 1) stop AZ91HP -  $R_m=(200-240)MPa$ ;  $R_{p0,2}=(150-170)MPa$ ;
- 2) stop AZ31 -  $R_m=280MPa$ ;

Moduł Younga E dla obydwu stopów wynosi ok. 45GPa (w porównaniu dla często stosowanych stopów Al, np. 2024 lub 7075  $E=ok. 70GPa$ ).

Na rys. 1 podano przykładowe elementy wykonywane na potrzeby przemysłu lotniczego, wykonane dla porównania ze stopu Al (7075) oraz stopu Mg (AZ91).



Rys. 1. Przykłady elementów lotniczych: a) wspornik ze stopu Mg, b) część ze stopu Al

## PROGRAM I METODYKA BADAŃ

Głównym celem badań było porównanie jednego z użytkowych wskaźników skrawalności, tj. parametrów chropowatości powierzchni, dla wybranych stopów Mg. W badaniach wykorzystano dwa stopy magnezu, stop odlewniczy AZ91HP oraz stop do przeróbki plastycznej AZ31. Są to często stosowane gatunki stopów, zwłaszcza na elementy wykonywane na potrzeby przemysłu lotniczego. Analizowano zmiany takich parametrów jak prędkość skrawania  $v_c$  oraz posuw na ostrze  $f_z$ , dla dwóch frezów trzpieniowych:

- 1) frez  $\varnothing 16mm$  firmy Fenes - HarndenMetal, z grupy frezów specjalnych VHM do obróbki stopów Al oraz Mg z chwytem walcowym gładkim, wymiary frezu 16x25x100mm W-Z2;

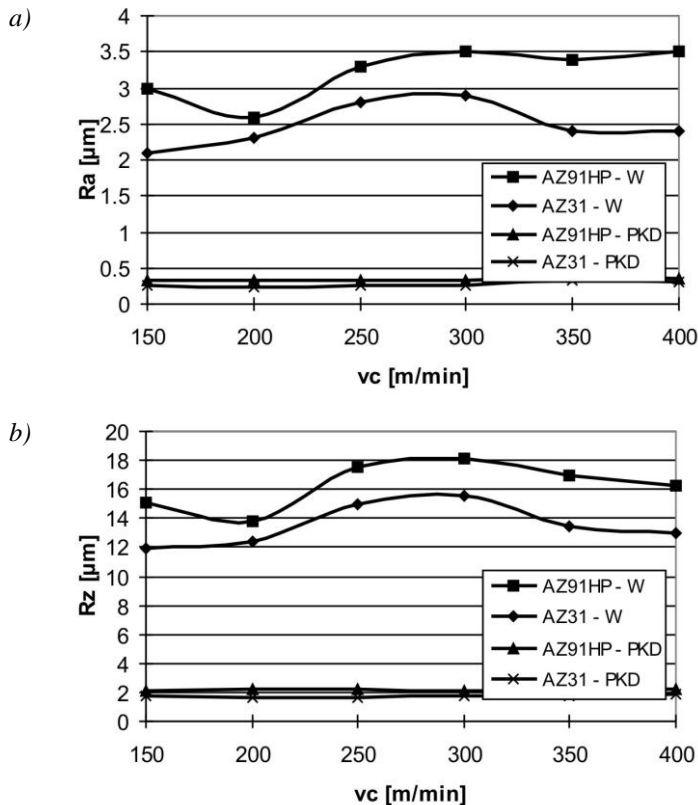
2) frez  $\varnothing 16\text{mm}$  firmy Guhring PKD - Fraser WN-R 05492-16,001.

Wymienione frezy są frezami dwuostrzowymi  $z=2$ .

Obróbkę przeprowadzono na pionowym centrum obróbkowym FV 580A z systemem sterowania Fanuc 0iMC. Do pomiaru chropowatości obrabianych powierzchni wykorzystano profilometr Surtronic3+, firmy Taylor-Hobson. Przy próbie frezowania zastosowano przedziały parametrów:  $a_p=6\text{mm}$ ,  $f_z=(0,05-0,3)\text{mm/ostre}$ ,  $v_c=(150-400)\text{m/min}$ . Przyjęto również stałą szerokość frezowania  $a_e=14\text{ mm}$ . Przedstawione wartości parametrów chropowatości są średnią arytmetyczną z pięciu pomiarów tych parametrów.

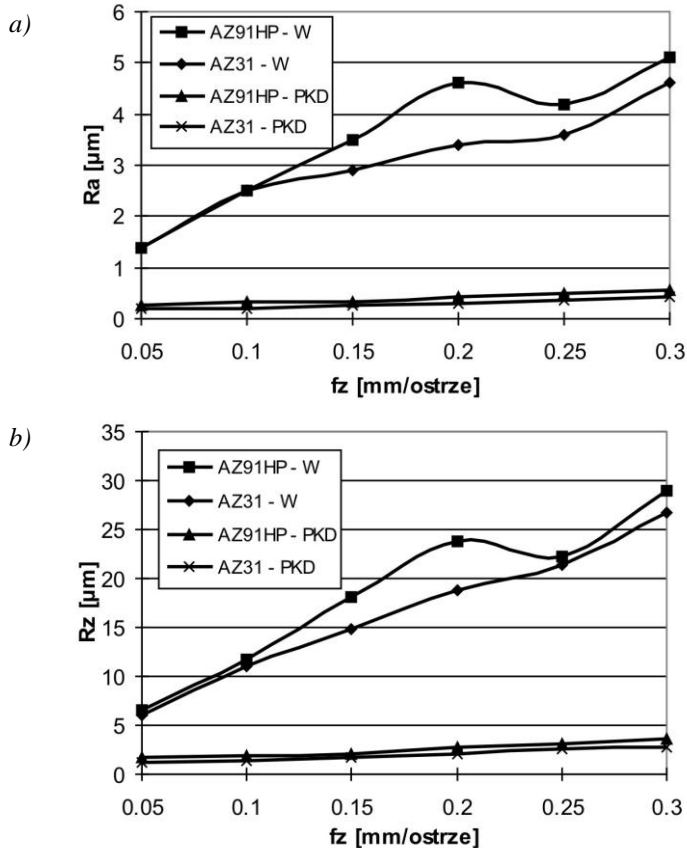
## WYNIKI BADAŃ ORAZ WNIOSKI

Na podstawie otrzymanych wyników przedstawiono zależności wpływu prędkości skrawania  $v_c$  oraz posuwu na ostrze  $f_z$  na parametry chropowatości powierzchni, dla obróbki prowadzonej z użyciem frezu pełnowęglkowego firmy Fenes oraz frezu z wlotowanymi wkładkami diamentowymi (PKD) firmy Guhring.



Rys. 2. Wpływ prędkości skrawania  $V_c$  na wartość parametrów chropowatości: a) parametr Ra, b) parametr Rz;  $f_z=0,15\text{mm/ostre}$ ,  $a_p=6\text{mm}$

Rys. 2 przedstawia wpływ prędkości skrawania  $v_c$  na wartość parametrów chropowatości: rys. 2a parametru Ra, natomiast rys. 2b parametru Rz. Interesujące jest, iż parametr Ra nie przekroczył wartości  $0,5\mu\text{m}$  w przypadku zastosowania narzędzia PKD, oraz w przypadku parametru Rz - ok.  $2\mu\text{m}$ . Wyższe wartości obydwu parametrów chropowatości uzyskano przy zastosowaniu narzędzia węglkowego. Przy zastosowaniu narzędzia pełnowęglkowego lepszą jakość powierzchni uzyskano dla stopu AZ31. Największą różnicę parametru Ra dla obydwu stopów uzyskano przy prędkości skrawania  $v_c=400\text{m/min}$  i wyniosła ona ok.  $2\mu\text{m}$ , najmniejsza dla prędkości  $v_c=200\text{m/min}$  i wyniosła ona  $0,5\mu\text{m}$ . Dla narzędzia węglkowego parametr Ra nie przekroczył wartości  $3,5\mu\text{m}$  dla obydwu stopów oraz  $18\mu\text{m}$  w przypadku parametru Rz, również dla zastosowanych dwóch stopów magnezu. Dla przykładu przy prędkości  $v_c=400\text{m/min}$  różnica parametru Ra wynikająca z zastosowania różnych materiałów narzędziowych wynosi nawet 4 klasy chropowatości.



Rys. 3. Wpływ posuwu na ostrze  $f_z$  na wartość parametrów chropowatości: a) parametr Ra, b) parametr Rz;  $V_c=300\text{m/min}$ ,  $a_p=6\text{mm}$

Większy wpływ na parametry chropowatości powierzchni wykazuje zmiana posuwu na ostrze  $f_z$ . Rys. 3 przedstawia wpływ posuwu na ostrze  $f_z$  na wartość parametrów chropowatości: rys. 3a parametru Ra, natomiast rys. 3b parametru Rz. Podobnie jak poprzednio znacznie mniejsze wartości parametrów Ra oraz Rz uzyskano stosując narzędzie z płytkami z polikrystalicznego diamentu. Dla posuwu  $f_z=0,3\text{mm}$ /ostrze różnica parametrów chropowatości wynikająca z zastosowania różnych materiałów narzędziowych wyniosła 5 klas chropowatości. Przy zmianie posuwu na ostrze  $f_z$  (narzędzie pełnowęglkowe) niższymi wartościami parametrów chropowatości charakteryzował się stop AZ31 (podobnie jak w przypadku zmiany  $v_c$ ). W zakresie posuwu  $f_z=(0,05-0,1)\text{mm}$ /ostrze wartości parametru chropowatości Ra pokrywały się dla obu stopów, największa różnica wystąpiła przy wartości posuwu  $0,2\text{mm}$ /ostrze i wyniosła ok.  $1\mu\text{m}$  (frez węglkowy). W przypadku zmiany posuwu na ostrze  $f_z$  parametr Ra nieznacznie przekroczył wartość  $5\mu\text{m}$  w całym zakresie zmiany posuwu, parametr Rz nie przekroczył wartości  $30\mu\text{m}$  dla obu stopów magnezu, również w całym zakresie zmian parametru posuwu.

Podsumowując, otrzymana chropowatość powierzchni przy zastosowaniu narzędzia z PKD pozwala na uzyskanie jakości powierzchni porównywalnej np. z procesem szlifowania wykańczającego. Zmiany parametrów chropowatości dotyczące obróbki narzędziem z PKD są w zasadzie z technologicznego punktu widzenia nieistotne. Parametry chropowatości powierzchni są jednym ze wskaźników skrawalności. W kolejnych badaniach należałoby uwzględnić stabilność obróbki ze względu na siły skrawania, ich amplitudy, wartość oraz stabilność zmian momentu skrawania, temperatury skrawania, wykonując pomiary zarówno dla obróbki konwencjonalnej jak również wysokowydajnej obróbki szybkościowej.

## PIŚMIENNICTWO

1. Kuczmaszewski J.: Efektywność wytwarzania elementów lotniczych ze stopów aluminium i magnezu. Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, Oficyna Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2011, s. 7-18.
2. Matuszak J., Zaleski K.: Badania chropowatości powierzchni i mikrotwardości warstwy wierzchniej wybranych stopów aluminium i magnezu po obróbce frezowaniem. Monografia IV Szkoły Obróbki Skrawaniem, Łódź 2010, s. 349-356.
3. Oczóś K.E.: Efektywne skrawanie stopów magnezu, Mechanik 7/2000, s.467 – 474.
4. Oczóś K.E.: Rozszerzenie granic stosowalności stopów magnezu, Mechanik 5-6/2009, s.386 – 400.
5. Zagórski I., Kuczmaszewski J.: Badania porównawcze skrawalności stopów magnezu AZ 91 HP i AZ 31. Monografia IV Szkoła Obróbki Skrawaniem, Łódź 2010, s. 137-144.
6. Zagórski I., Pieśko P.: Wpływ parametrów technologicznych na wartość wybranych wskaźników skrawalności lotniczych stopów Al oraz Mg. X Międzynarodowa Konfe-

rencja Naukowo-Techniczna, Technologiczne Systemy Informacyjne w Inżynierii Produkcji i Kształceniu Technicznym, czerwiec 2011 (materiały w druku).

## COMPARATIVE STUDY OF SURFACE ROUGHNESS OF SELECTED MAGNESIUM ALLOYS AFTER MILLING WITH CARBIDE TOOL AND PKD

### Summary:

This article presents: milling application, properties of selected Mg alloys, examples of aviation elements made of Mg alloys, processing problems and machinability of light alloys based on literature data taken from literature sources and previous researches, program and methodology of the research, summary, conclusions and references.

**Keywords:** milling, magnesium alloys, aviation elements, machinability.

Badania realizowane w ramach Projektu Nr POIG.0101.02-00-015/08 w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka ( POIG ). Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

